

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES

COORDINACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA

VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

Por:

Euclides Andrés Fernández Müller

INFORME DE PASANTÍA

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar

como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Sartenejas, Abril de 2012



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES

COORDINACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA

VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

Por:

Euclides Andrés Fernández Müller

Realizado con la asesoría de:

Tutor Académico: Antonio Vidal

Tutor Industrial: Wolfgang Romero

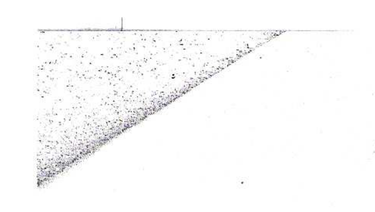
INFORME DE PASANTÍA

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar

como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Sartenejas, Abril de 2012





Coordinación de Cooperación Técnica y Desarrollo Social

Fecha: 12/6/2012

ACTA DE EVALUACIÓN DEL PERÍODO Julio-Dic 2011

TIPO DE PASANTÍA: LARGA ☒ INTERMEDIA ☐

Título: VERIFICACION DEL PROCESO DE SELECCION DE UN TALADRO DE PERFORACION

Apellidos y Nombre del Estudiante: Fernández M, Euclides

Carnet N°: 05-38164 Carrera: ING. MECANICA

CALIFICACIÓN	APROBADO ☒	REPROBADO ☐
TUTOR ACADÉMICO	Firma: [firma] Nombre: Antonio Vidal M C.I: 6971970	Sello del Departamento
TUTOR INDUSTRIAL	Firma: Nombre: "NO PRESENTE" C.I.:	Sello de la Coordinación de Carrera
JURADO	Firma: [firma] Nombre: ORLANDO AGUILLON C.I.: 9.304.197	Sello del Departamento
Artículo 15. Parágrafo Único. Reglamento de los Cursos en Cooperación: Cuando el jurado examinador considere por unanimidad que el Trabajo realizado por el pasante es **EXCEPCIONALMENTE BUENO**, lo hará constar en forma razonada en el Acta		**Validación de CCTDS (Firma y Sello)**

Nota: En caso de inasistencia del Tutor Industrial, el jurado examinador quedará conformado por el Tutor Académico y Jurado, y se solicitará al estudiante la evaluación del Tutor Industrial como referencia, en este caso favor colocar No-Presente en el Acta. Este documento no puede llevar enmienda.

Puerta de Comunidad a Comunidad

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

VERIFICACIÓN DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

AUTOR: Euclides Andrés Fernández Müller CARNET: 05-38164

RESÚMEN

La supervisión de la selección de un taladro de perforación es de gran importancia para el buen desarrollo de las actividades de perforación de un pozo, también por los beneficios en el ámbito de la seguridad durante las perforaciones y por ultimo por el ahorro de inversión que puede significar para las empresas involucradas. Sin embargo, en la selección de un taladro de perforación son mucho los factores que se deben tener en cuenta, por lo que se debe pasar por un estudio riguroso para elegir un equipo que cumpla con los requisitos del pozo y de la compañía encargada de la perforación. En este trabajo se presenta la metodología para la pre-selección de un taladro de perforación basando su selección en la potencia del malacate y de las bombas para la perforación del pozo TerrGas-1. Para poder determinar la potencia mínima de aceptación del malacate y de las bombas se revisaron las características del pozo y del programa de perforación, incluyendo revestimientos y fluidos de perforación. Posteriormente se realizo el cálculo siguiendo los procedimientos estándar de perforación y se escribió una hoja en Microsoft Excel capaz de determinar dichos parámetros. Se pudo observar que el trabajo del malacate está condicionado por dos situaciones, cuando el pozo tiene fluido de perforación y cuando no; debido a que la última condición es muy improbable se tomo como parámetro de selección la potencia cuando hay fluido de perforación dentro del hoyo. Para las bombas se destaco que la potencia mínima de aceptación calculada tiene un exceso de 15%, por lo que al momento de elegir el taladro se tiene ese margen de ventaja, además de que en la mayoría de los taladros las bombas son de camisa intercambiable. Una vez determinados estos parámetros se pre-inspecciono un taladro candidato para la perforación del pozo, que a pesar de que la potencia de las bombas estaba por debajo a la calculada estas son de camisa intercambiable y además el taladro entra en la clasificación adecuada para la perforación de un pozo como TerrGas-1, por lo que se acepto dicho taladro como un candidato adecuado bajo la recomendación de que sea sometido a una inspección adicional de mayor rigurosidad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute
BF	Factor de Flotabilidad
BHA	Ensambles del fondo del hoyo
[Bls]	Barriles
BOP y VIR	Válvulas impide-reventones
[ft]	Pies
[ft^2]	Pies cuadrados
[gal]	Galón
[GPM]	Galones por minutos
HHP	Potencia Hidráulica en Hp
[Hp]	Caballo de Fuerza
IHP	Potencia pretendida en Hp
[lb]	Libra
MD	Profundidad Medida
[min]	Minuto
[Mlb]	Megalibra
[mph]	Millas por hora
ODS	Oilfield Development Specialists LLC
OSHA	Occupational Health and Safety Administration
[ppg]	Libra por galón
[psi]	Libra por pulgada cuadrada
[Ton]	Tonelada
TSP	Policristalino térmicamente estable
TVD	Verdadera Profundidad Vertical

CONVERSIÓN DE UNIDADES

Unidad	Abreviatura	Unidad en S.I	Abreviatura S.I	Conversión
Pies	Ft	Metros	m	0,3048 m/ft
Caballo de Fuerza	Hp	Vatio	W	745,6999 W/Hp
Libra	Lb	Gramo	gr	453,5924 gr/lb
Libra por pulgada cuadrada	Psi	Pascal	Pa	6894,7573 Pa/psi
Galón	Gal	Litro	L	3,7854 L/gal
Milla	Mi	Kilometro	Km	1.6 Km/mi
Pies cuadrados	ft^2	Metros cuadrados	m^2	0,0929 m^2/ft^2

INTRODUCCIÓN

La pasantía se realizó en la consultora Oilfield Development Specialists LLC (ODS). Dicha compañía tiene su base en Houston, Texas, Estados Unidos. ODS se encarga de proveer apoyo operacional en el desarrollo de campos petrolero o gasíferos. La empresa SILSO (empresa privada de gas y petróleo especializada en la extracción seguro y económica de gas y petróleo en pozos terrestres o de costa adentro, basada en Houston, Texas) desea desarrollar un campo gasífero en el estado de Louisiana, Estados Unidos. Con el fin de lograr sus objetivos, SILSO contrata a ODS para que se encargue de la supervisión de la planificación, el desarrollo y operación de dicho campo. El primer pozo de gas que se perforara en dicho campo se conoce con el nombre TerrGas-1 (pozo de gas, direccional tipo "S"). Además de esto SILSO también ha subcontratado a la empresa Brammer Engineering, Inc. (empresa de servicio y consultoría especializada en el área de exploración y producción, basada en Shreveport, Louisiana) para que se encargue de elaborar la planificación de la perforación del pozo TerrGas-1, en especifico. Es por esto que Brammer se debe encargar, entre numerosas cosas, de la selección de un taladro adecuado para la perforación del pozo.

Para evitar errores y cumplir con su trabajo, ODS se ha propuesto también calcular los parámetros de selección del taladro y revisar el proceso de selección del mismo. Además de garantizar que no hay errores, los ingenieros de ODS también se aseguran de que la operación se podrá llevar a cabo sin problemas.

El siguiente trabajo esta divido en 3 capítulos. En el primer capítulo se explican los conceptos y definiciones, relativos a los taladros de perforación y sus sistemas, necesarios para analizar y desarrollar las actividades descritas posteriormente. En el segundo y tercer capítulo se describen los procedimientos seguidos para poder determinar la potencia mínima requerida del malacate de un taladro de perforación terrestre, la potencia mínima de las bombas de lodo y llevar a cabo una exitosa pre-inspección a un taladro de perforación terrestre. Adicionalmente, en los últimos dos capítulos se exponen los resultados que se obtuvieron a lo largo de la realización del proyecto con sus respectivos análisis.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando se determina la potencia mínima de aceptación del malacate de un taladro de perforación terrestre se pueden cometer dos errores: que la potencia calculada este por debajo o por encima de la requerida en las operaciones de perforación. Si la potencia mínima de

aceptación del malacate calculada está por debajo de la requerida implica que el taladro seleccionado no es apto para el trabajo. El caso en el que la potencia mínima de aceptación del malacate calculada este por encima de la requerida no significa que el taladro no sea apto para las operaciones de perforación, por lo que sería menos problemático, pero significa que está sobredimensionado, lo que al final se traduce en un aumento de la inversión para desarrollar el pozo y un descontento de SILSO y de sus inversionistas.

Al igual que con la potencia del malacate, las bombas pueden estar sub o sobredimensionadas y de igual manera los errores al momento de determinar la potencia mínima requerida de las bombas se traducen tanto en problemas económicos (un aumento de la inversión) como en problemas de seguridad (riesgo para los operadores del taladro).

Es por esto que ODS debe asegurarse de que los cálculos de las potencias mínimas de aceptación de los equipos mayores (malacate y bombas) de un taladro de perforación terrestre estén correctos.

La selección de un taladro de perforación terrestre pude basarse en la potencia del malacate y de las bombas. La selección de un taladro que no cumpla las mínimas especificaciones implica un gran aumento de gastos y de tiempo para la compañía inversionista. Esta es la razón por la cual ODS también ha sido encargado con revisar la pre-inspección del taladro candidato a perforar el pozo TerrGas-1.

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Revisar los cálculos de la potencia de los equipos mayores de un taladro de perforación terrestres se justifica por el hecho de que un malacate subdimensionado deberá ser cambiado, esto se traduce en altas perdidas de dinero para SILSO además de una inconformidad con el trabajo de los ingenieros de ODS. Cambiar el taladro reduce el tiempo productivo del pozo TerrGas-1 lo que al adicionarse con tener que desmontar el taladro y armar otro incrementa sustancialmente la inversión. Mientras que la sobredimensión del malacate implica mayor inversión para la compañía inversionista. A mayor potencia requerida, mayores serán los costos de alquiler de los equipos.

La sobredimensión de las bombas implica que la inversión para el alquiler del taladro es mayor, porque al igual que con el malacate mientras más grande sea la potencia requerida mayor será el precio del alquiler. La subdimensión de las bombas puede presentar graves problemas debido a que, como se explicara más adelante, el bombeo del fluido de perforación en la tasa y presión

adecuada es elemental para evitar el derrumbe del pozo. Adicional a esto, la presión que se mantenga en el pozo debe ser suficiente para evitar que la presión de las formaciones subterráneas sea mayor y empiecen a filtrarse fluidos de las formaciones al pozo porque esto es causa de las arremetidas, y toda arremetida es causa de reventón, con graves consecuencias de daños personales, destrucción de los equipos y hasta perdida del pozo [1]. Las consecuencias pueden ser más graves en un pozo de gas, como el pozo TerrGas-1, debido a que se trabaja con un fluido no compresible y de rápida expansión lo que implica una violenta rapidez de ascenso, inflamabilidad o posible contenido de sulfuro de hidrogeno que pueden ocasionar que el reventón se incendie y los daños tanto materiales como personales sean mayores y también sean mayores los costos para intentar detenerlo [1].

Determinar los parámetros necesarios para la selección del taladro de perforación a usarse en el pozo TerrGas-1 (pozo direccional tipo "S") se justifica por el hecho de que garantizara evitar problemas durante las operaciones de perforación, lo que a la final significa un ahorro de inversión para SILSO. Los problemas que se presentan durante operaciones de perforación ponen en riesgo la vida de las personas que se encuentren trabajando en el taladro, es por esto que es de suma importancia controlar la mayor cantidad de variables, entre ellas la potencia del malacate y de las bombas. Al momento de seleccionar un taladro de perforación para un pozo, no se pueden inspeccionar intensivamente todos los taladros prospecto debido a los costos y el tiempo que dichas inspecciones implican, es por esto que hacer una pre-inspección de los posibles taladros a usar es de importancia para las compañías. Además de esto, una pre-inspección permite obtener datos precisos y directos desde los encargados del taladro con respecto a los equipos mayores y a la disponibilidad del taladro en sí.

METODOLOGIA

El desarrollo de la pasantía se fundamento en la supervisión de la planificación de desarrollo de un campo gasífero en el estado de Louisiana, Estados Unidos, específicamente del pozo de gas TerrGas-1. Principalmente se superviso la selección del taladro, por lo que se debió calcular los parámetros de selección del mismo.

Se inicio el proceso de selección de taladro mediante una revisión de los aspectos más importantes de la Junta de los Miembros de la Mesa Directiva, realizada en Septiembre 2.011, de donde se obtuvo las características de los revestimientos del pozo TerrGas-1, las características de los fluidos de perforación a usarse durante las operaciones de viaje de los revestimiento y la

profundidad de cada revestimiento. Una vez decidido cual serial el Top-Drive (sistema de rotación de motor independiente ubicado por encima de la sarta de perforación) a utilizarse, se procedió a introducir toda la información por revestimiento en un libro de la herramienta Microsoft Excel que fuese capaz de calcular el peso de los revestimientos y el factor de flotabilidad de los fluidos para poder usarlos como parámetros para elegir el bloque que usaría el taladro. Posterior a la selección del bloque, en el mismo libro de Microsoft Excel mencionado con anterioridad, se calculo el peso total a sostener el gancho cuando el pozo esta vacio (sin fluido de perforación) y cuando el pozo está lleno (con fluido de perforación), una vez conseguidos estos pesos se procedió a seguir los estándares establecidos por la compañía Pertamina [2] para determinar la potencia mínima requerida para la aceptación del malacate realizar una hoja de cálculo con Microsoft Excel. Para el cálculo de las bombas se utilizo la misma metodología que para el cálculo de la potencia del malacate, se siguieron los estándares de Pertamina y se realizo una hoja de cálculo con Microsoft Excel que permite el cálculo de la potencia necesaria para las mínima requerida para la aceptación de las bombas.

Para la pre-inspección del taladro se decidió que solo se iban a revisar los equipos mayores: malacate, bombas, sistema de circulación en general y válvulas impide-reventones. Se acompaño al ingeniero de Brammer Eng. al taladro de Ensign (E-759) y se realizo un recorrido minucioso del mismo junto al superintendente del taladro y el jefe de herramientas. Durante el recorrido se observo el estado de los equipos mayores, sus componentes y características, anotando cada detalle y respaldando el recorrido con diversas fotografías. Luego de terminado el recorrido se procedió a escribir un informe que se llevaría a los inversionistas y que serviría como base para comparar con otros taladros y seleccionar cuales serian los taladros óptimos a inspeccionar con profundidad.

OBJETIVOS

General:

- Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación basado en el cálculo de los equipos mayores (potencia del malacate y potencia de las bombas de lodo).

Específicos:

- Calcular la potencia minina requerida para la aceptación del malacate y las bombas de lodo a usarse en el taladro durante la perforación del pozo TerrGas-1 siguiendo estándares operacionales.

- Pre-inspeccionar el taladro candidato para la perforación del pozo TerrGas-1 y asegurarse de que los equipos mayores cumplen con las condiciones de aceptación calculadas.
- Cerciorarse que el taladro candidato es capaz de desplegarse correctamente en el área disponible en el sitio de perforación del pozo TerrGas-1.

LA EMPRESA

El desarrollo de las pasantías empresariales se realizo en la empresa ODS, en sus oficinas ubicadas en Houston, Texas, Estados Unidos. Oilfield Development Specialists (ODS) fue establecida en el 2003 en Baton Rouge, Louisiana, con el objetivo de ofrecer servicios de consultoría en la industria petrolera. Actualmente el equipo de trabajo de ODS incluye: Geólogos, Geofísicos, Ingenieros de Depósitos, Ingenieros de Perforación, Ingenieros de Producción, Ingenieros de Instalaciones, Profesionales de Planificación y Programación y Analistas de Riesgo. En la Figura 1.1 se puede observar el logo de la compañía.



Figura I.1 – Logotipo oficial de ODS (Disponible en internet).

La empresa cuenta con un Departamento Operacional, encargado de proveer apoyo operacional diario a los distintos clientes de ODS, entre sus servicios están: proveer soporte técnico y operacional continuo de las actividades de perforación, monitoreo estricto en las operaciones de perforación para la detección de potenciales problemas y la programación de desviaciones y el desarrollo detallado de de programas de perforación. En conjunto con el departamento operacional, trabaja el Departamento de Proyectos, conformado por un equipo multidisciplinario que se encarga del estudio y planificación de proyectos, entre sus servicios están: la caracterización de yacimientos (modelos integrados y multidisciplinarios de depósitos, predicción de variaciones locales en el depósito, explicación de rendimientos de un yacimiento, etc.), estudios integrados (planificación de la gestión y desarrollo de campos).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se explicaran los conceptos y definiciones manejadas para poder desarrollar y analizar las actividades descritas en el proyecto. Como fundamentos teóricos se presentan los fundamentos conceptuales relativos a la perforación de pozos, taladros de perforación y los sistemas de un taladro de perforación.

1.1. PERFORACIÓN

La perforación se basa en atravesar las diversas formaciones del subsuelo para verificar que las concentraciones de hidrocarburos en un pozo son económicamente atractivas. La perforación al principio se hacía por percusión, donde una mecha, conectada a unas barras, era suspendida con un cable y se dejaba caer contra las formaciones para fracturarlas. La mecha y la barra proporcionaban el peso adecuado para que el golpeteo atravesara las formaciones. Para remover los ripios se extraía la mecha de perforación y se llenaba el pozo con agua, formando así una solución acuosa, y se introducía un achicador (tubo con válvula de fondo) para limpiar el hoyo [1].

Hoy en día la perforación se hace de forma rotatoria, donde la perforación la realiza una mecha rotatoria a la que se le aplica una fuerza en sentido de las formaciones. Usualmente la mecha se gira al rotar toda la tubería de perforación, con el uso de una mesa rotatoria o un motor de tope (conocido como Top Drive), mientras que la fuerza es aplicada por tuberías pesadas de pared gruesas. Los ripios se llevan a la superficie circulando un fluido de perforación a través de la tubería de perforación hasta la mecha y luego por el espacio anular entre la tubería de perforación y el hoyo [3].

1.1.2. Perforación Direccional

Perforación direccional es el proceso por el que se dirige la perforación de un pozo a lo largo de una trayectoria predeterminada, por que a diferencia de lo pensado, perforación de pozos no es un proceso unidimensional, donde se perfora verticalmente, sino un proceso tridimensional, debido a que la mecha se desvía en otros plano, intencional o no intencionalmente. Las razones principales

para la perforación direccional son enteramente económicas, porque permitía explotar pozos costa afuera sin necesidad de utilizar una plataforma flotante sino que desde un taladro ubicado en costa [3]. En adición a esto, hoy en día también existen presiones ambientales para que los pozos se perforen direccionalmente, esto se debe a que la perforación direccional reduce el impacto que tiene el proceso de perforación sobre el medio ambiente, debido a que un pozo puede ser explotado a grandes distancias sin dañar la topografía debajo de la cual está ubicada.

En la perforación de pozo direccionales la profundidad medida o mesure depth (MD, por sus siglas en ingles) es diferente a la profundidad perforada, a la que se conoce como verdadera profundidad vertical o true vertical depth (TVD, por sus siglas en ingles). Esto se debe a que la TVD es la profundidad programada mientras que la MD es la profundidad real perforada.

Los pozos direccionales se pueden clasificar en: pozos horizontales, pozos tipo “S” y pozos tipo “J”. Los pozos horizontales tienen una tasa de producción 3 a 4 veces mayores a los pozos verticales, el espaciado necesario por los pozos es menor y la cantidad de pozos horizontales que deben perforarse para desarrollar un campo es menor a la cantidad de pozos verticales que deberían perforarse para desarrollar el mismo campo [4]. En la Figura 1.1(a) se muestra el esquema de un pozo horizontal. Los pozos direccionales tipo “S” son usados para pozos profundos donde es necesita poco desplazamiento horizontal, se usan principalmente por requerimientos de espacio o para evitar obstrucciones naturales o topográficas. Exigen el uso de un revestimiento intermedio. Tienen como desventaja principal que se debe aumentar el torque impartido a la sarta de perforación y el arrastre del fluido de perforación [5]. En la Figura 1.1(b) se puede observar el esquema de un pozo direccional tipo “S”. Los pozos direccionales tipo “J” son usados en pozos profundos donde es necesario un amplio desplazamiento horizontal. No necesitan el uso de un revestimiento intermedio [6]. En los pozos tipo “J” los éxitos de la cementación se ven amenazados por la posibilidad de que la tubería de revestimiento se deposite contra la pared del hoyo [7]. En la Figura 1.1(c) se puede observar el esquema de un poso direccional tipo “J”.

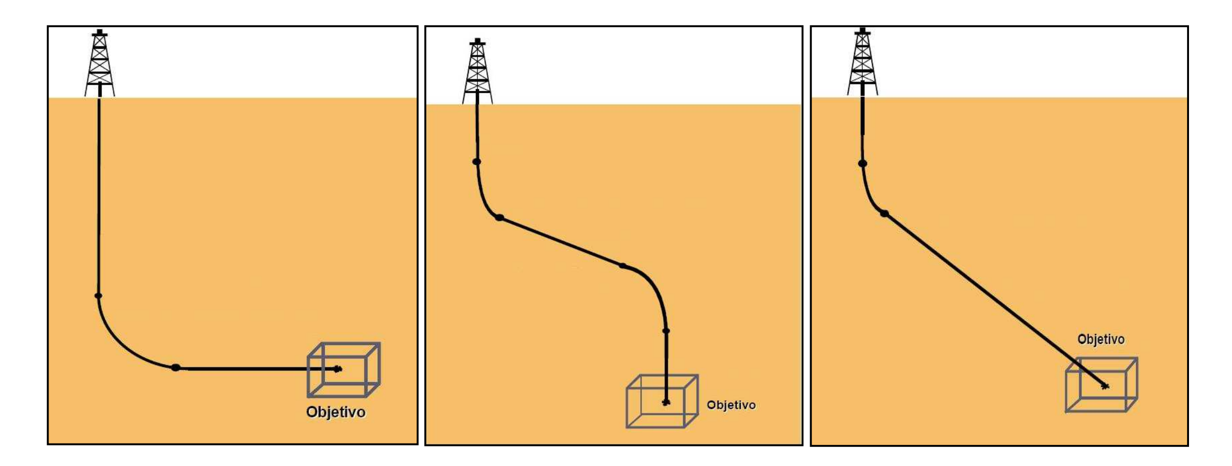


Figura 1.1 – (a) Esquema de un pozo direccional horizontal [4]. (b) Esquema de un pozo direccional tipo “S” [5]. (c) Esquema de un pozo direccional tipo “J” [6]

1.2. TALADRO DE PERFORACIÓN

Los taladros de perforación rotatoria, como el mostrado en la figura 1.2, son usados en casi todas las perforaciones hoy en día. Los taladros de perforación rotatoria se pueden clasificar principalmente en marinos y terrestres, como se muestra en la Figura 1.3.



Figura 1.2 – Taladro de perforación rotatorio [8]

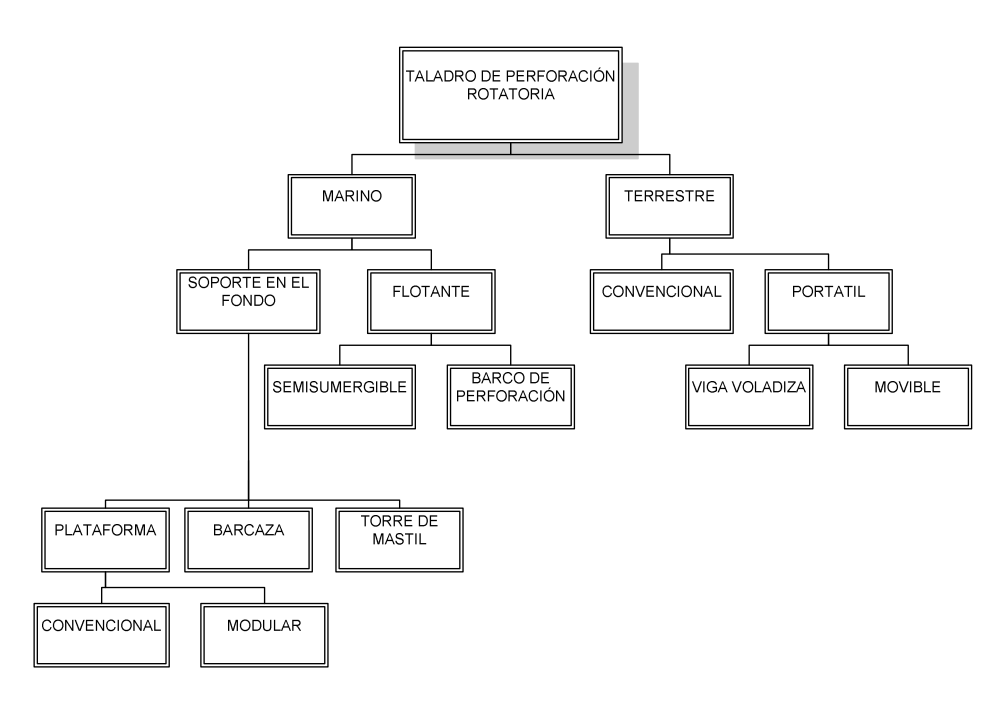


Figura 1.3 – Clasificación de los taladros de perforación rotatoria [3].

La principal característica de diseño de los taladros terrestres es su portabilidad, la que los divide en taladros convencionales o portátiles. Los taladros convencionales son construidos en el sitio de la perforación y, después de culminada esta última, son dejadas encima del pozo. El aspecto negativo de estos taladros era su compleja construcción y altos costos, por lo que hoy en día se usan taladros cuya torre se puede ser transportada con facilidad y por lo tanto reusada [3]. Los taladros portátiles se dividen taladros de torre de viga voladiza y taladros de torre movible:

- Taladro de torre de viga voladiza: es un taladro de perforación en el que la torre se construye de abajo para arriba horizontalmente en el piso y luego es pivoteado hasta una posición vertical utilizando el mismo bloque móvil de la torre. Este es el tipo de torre más utilizado para perforar en tierra [3].
- Taladro de torre movible: adecuado para pozos de profundidad moderada, usualmente se transporta en camión o tráiler que incorpora el equipo de levantamiento, los motores y la torre como una sola unidad. La torre se levanta a la posición vertical como una sola unidad y luego se eleva hasta la altura máxima utilizando unos pistones hidráulicos ubicados en la parte inferior de la misma [3]. En la Figura 1.4 se puede observar un taladro de perforación de torre movible.



Figura 1.4 – Taladro de perforación de torre movible [8].

Los taladros terrestres (convencionales o portátiles) también pueden ser clasificados de acuerdo a la profundidad de la perforación en liviano, mediano, pesado y ultrapesado, como se muestra en la Tabla 1.1 [9].

Tabla 1.1 – Clasificación de los taladros de perforación de tierra firme de acuerdo a la profundidad de la perforación [9].

Tipo	Profundidad de la perforación	
	Metros [m]	Pies [ft]
Liviana	1000 – 1500	3000 – 5000
Mediana	1200 – 3000	4000 – 10000
Pesada	3500 – 5000	12000 – 16000
Ultrapesada	5500 – 7500	18000 – 25000

El problema con la clasificación presentada en la Tabla 1.1 es que no se especifican otros requerimientos del taladro de perforación, debido a esto se utiliza otra clasificación que involucra todos los sistemas del taladro y no solo la profundidad de la perforación, dicha clasificación se puede observar en la Tabla 1.2 [10].

Tabla 1.2 – Clasificación general de los taladros de perforación de tierra firme [10].

	A	B	C	D	E
Profundidad [ft]	8.000	10.000 a 12.000	15.000	20.000	25.000
Capacidad de la Torre [Mlb]	500	750	1.200	1.600	2.000
Potencia del Malacate [Hp]	400	600 – 750	1.500	2.000	3.000
Potencia de la Bomba [Hp]	800	800 – 1.000	1.300	1.500	1.600
Capacidad del Tanque [Bls]	Menor a 500	500 a 800	1.200 a 1.500	1.200 a 1.500	1.200 a 1.500
Multiple Estrang [psi]	5.000	5.000	10.000	10.000 a 15.000	10.000 a 15.000

Se puede observar en la Tabla 1.2 que se incluyen nuevos requerimientos para clasificar los taladros. Estos nuevos parámetros forman parte de los sistemas del taladro [3], que son:

- Sistema de Potencia
- Sistema de Levantamiento
- Sistema de Circulación
- Sistema de Rotación
- Sistema de Seguridad

Con esta clasificación general se garantiza entonces que se incluyan todos los sistemas del taladro en la clasificación, para así poder facilitar su selección al momento de perforar un pozo.

1.3. SISTEMAS DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

1.3.1. Sistema de Potencia

La mayoría de la potencia de una torre de perforación la consume el sistema de levantamiento y de circulación debido a que los requerimientos de energía de los otros sistemas son mínimos, pero en la mayoría de las torres los sistemas de levantamiento y de circulación no funcionan al

mismo tiempo por lo que el sistema de potencia es capaz proveer energía para ambos [11]. Para generar la potencia en las torres modernas, generalmente, se utilizan motores diesel de combustión interna, llamados motores primarios, como los que se muestran en la Figura 1.5. Estos últimos a su vez clasifican en motores diesel eléctricos y motores diesel de conducción directa, está sub-clasificación depende de la manera en que se transmita la potencia a los diferentes sistemas de la torre. El número de motores a utilizar se determinan en base a los requerimientos de potencia en el pozo, basándose en el programa de revestimiento y de profundidad, estos motores pueden transmitir entre 500 y 5000 HP [3].



Figura 1.5 – Motores Diesel de compresión de un taladro de perforación [11].

Las instalaciones con motores diesel-eléctricos son aquellas torres donde los motores se utilizan para generar energía eléctrica. La potencia eléctrica se transmite fácilmente a los distintos sistemas, que a su vez funcionan utilizando motores eléctricos. En algunos casos se pueden usar motores de corriente directa, ya que estos permiten operar en una gran variedad de relaciones de torque-velocidad que se adecuen a los sistemas de levantamiento y de circulación. Las instalaciones diesel-eléctricas dan mucha flexibilidad a la hora de posicionar los equipos en la torre, por lo que permiten un mayor uso del espacio y mejor distribución del peso en la torre, a la vez de que presentan pocos problemas de alineación y usualmente son más compactos y portátiles [3].

Las instalaciones con motores diesel de conducción directa son aquellas donde la potencia se transmite desde el motor a los diferentes equipos utilizando cajas de transmisión, cadenas, correas, embragues y otros motores para liberar la potencia adecuada, en lugar de generadores y motores. Actualmente, en las torres donde la potencia se transmite mecánicamente, se utilizan

convertidores de torque hidráulicos, estos se diseñan para que al aumentar la carga aumente el torque y se utilizan para aumentar el rango de operación de los motores, es decir, aumenta el rango de la relación torque-velocidad de los motores. Además de esto, los convertidores hidráulicos han reducido los problemas de vibraciones relacionados con el uso de la transmisión mecánica [3].

1.3.2. Sistema de Levantamiento

El sistema de levantamiento tiene como función proveer los medios para levantar, bajar y suspender la sarta de perforación, tuberías, revestimientos y otros equipos de la superficie hacia adentro o afuera del agujero perforado. Los componentes principales del sistema de levantamiento son la estructura de soporte (la torre y subestructura), y los equipos de levantamiento (malacate, bloque corona y viajero y cable de perforación), que se muestran en la Figura 1.6 [11]. Dos operaciones de rutina que se realizan con el sistema de levantamiento son: hacer una conexión y hacer un viaje. Hacer una conexión se refiere al proceso de agregar tubería a la sarta de perforación (se baja tubería al hueco del ratón, se lleva la junta giratoria y el Kelly hacia el hueco del ratón y se conecta el nuevo tramo de tubería, se levanta el Kelly junto con el nuevo tramo sobre el hoyo de perforación y se conecta a la sarta). Hacer un viaje se refiere al proceso de remover tramos de tubería del hoyo perforado para cambiar un tramo de la sarta de perforación (agregar estabilizadores, que se pueden usar para cambiar la dirección del hoyo en pozos direccionales) o cambiar la mecha [3].

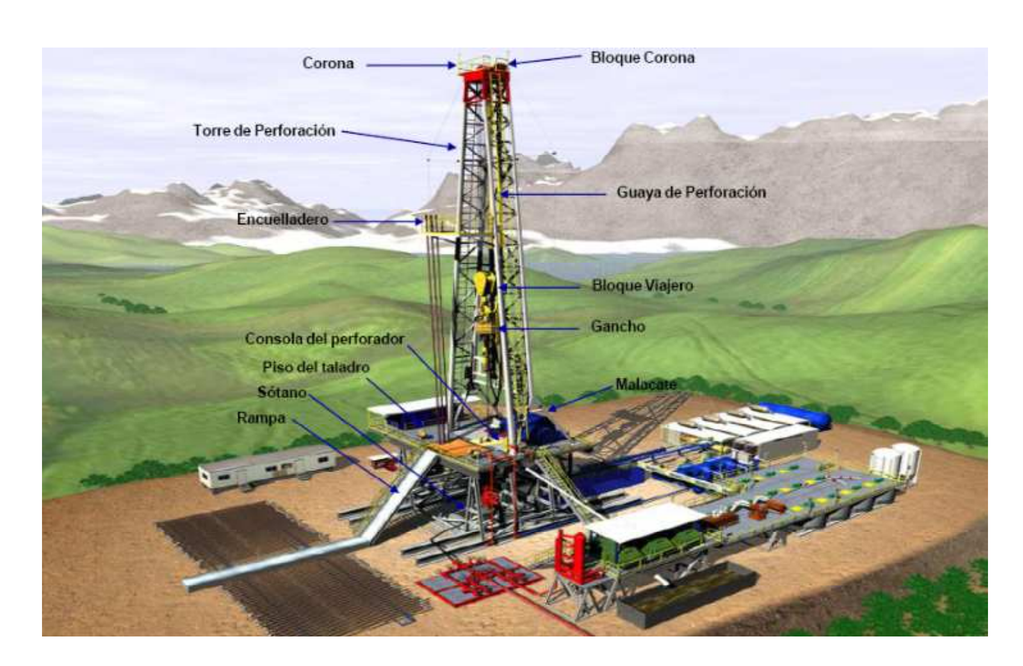


Figura 1.6 – Esquema del sistema de levantamiento de un taladro de perforación [11].

1.3.2.1. La estructura de Soporte

1.3.2.1.1. Torre:

Las torres, como la mostrada en la Figura 1.7, tienen como función principal proveer la altura vertical necesaria para levantar o bajar los tramos de tubería desde o hacia el hoyo perforado. A mayor altura, mayor es la longitud de tubería que se pude insertar o remover del hoyo, entonces la altura se relaciona directamente con la capacidad de manejar las secciones de la sarta de perforación, estas secciones se llaman parejas y pueden ser de 2, 3 ó 4 tubos, y comúnmente se les llama dobles, triples o cuartas respectivamente (doubles, thribbles o fourbles, ingles) [3]. Las torres miden entre 69 y 189 pies, siendo la más común de 142 pies de altura. La capacidad de carga de la torre también es un modo de clasificarlas (fuerza o carga que pueden soportar, pueden ser ligeras, medianas o pesadas, las más comunes se diseñan para aguantar entre 250 y 750 toneladas). Por último, las torres también se clasifican por las cargas generadas por el viento (la velocidad del viento que puede aguantar la torre mientras mantiene su verticalidad). La mayoría de las torres puede aguantar entre 100 y 130 mph, siendo lo más común que resistan 75 mph con tubería izada y 115 mph sin tubería izada. Cuando la tubería se encuentra izada o en el encuelladero (plataforma a un lado de la torre y encima del piso del taladro, que se utiliza para colocar los pares de tubería, tiene forma de peine) se aplica un momento volcante extra a la torre, es por esto que en los cálculos se debe asumir la carga del viento en la misma dirección que este momento extra. Cables atados a las patas de la torre se utilizan para brindar mayor estabilidad a la misma [11].



Figura 1.7 – Torre triple de un Taladro de Perforación [12].

1.3.2.1.2. Subestructura:

Es una armadura grande de acero, como se puede observar en la Figura 1.8, que sirve de soporte a la torre y a la plataforma o piso del taladro. El piso del taladro es una cobertura que se coloca sobre la subestructura y debajo de la torre donde se realizan la mayoría de las operaciones de perforación y sostiene todos los equipos y herramientas necesarias (malacate, mesa rotatoria, transmisión, consola del operador, hueco de ratón y de rata, llaves de tubería, carrete hidráulico, guinche de aire, casa del perro, etc). Igualmente proporciona un espacio bajo el piso de la torre para instalar el ensamblaje de las válvulas impide-reventones (BOP, Blowout Preventers). Está diseñada para soportar grandes pesos, incluyendo la torre o mástil, el equipo de levantamiento, la mesa rotatoria, la sarta de perforación y las cargas de las tuberías de revestimiento. La API (The American Petroleum Institute, por sus siglas en ingles) recomienda que la capacidad de carga de la subestructura se clasifique de acuerdo con el máximo peso de tubería que se puede colocar en la torre, el máximo peso de tubería que puede estar suspendido en la mesa rotatoria y la capacidad de carga de esquina (máxima carga que puede soportar cada esquina).



Figura 1.8 – Subestructura de un Taladro de Perforación [12].

1.3.2.1. Equipos de Levantamiento

1.3.2.1.1. Malacate:

El malacate, mostrado en la Figura 1.9, es el componente principal del equipo de levantamiento, es un potente ensamblaje de levantamiento usualmente localizado cerca de la mesa rotatoria del piso del taladro. Su función principal es proveer la potencia necesaria para ascender, descender y suspender los bloques viajeros y tramos de tuberías. En algunos casos el malacate también puede ser quien transmita la potencia para hacer girar la mesa giratoria [11]. El malacate está formado por un tambor de enrollado, los frenos, la transmisión y un juego de

carretes pequeños, a los que comúnmente se les conoce como carretos. El tambor transmite el torque requerido para mover verticalmente o suspender los tramos de tubería enrollando o desenrollando la guaya de perforación. Los frenos deben tener la capacidad de detener y suspender grandes pesos cuando se bajan tramos de tuberías hacia el agujero, está constituido por un freno mecánico principal y un freno auxiliar que puede ser hidrodinámico o electromagnético. También posee un freno de seguridad "crown o matic" que se usa para controlar la velocidad de ascenso o descenso de los bloques viajeros. Los frenos auxiliares se usan principalmente para disipar el calor que se genera cuando se frena, para el tipo hidrodinámico el momento de frenado se impone al impulsar agua en la dirección contraria a la rotación del tambor, mientras que en el tipo electromagnético el momento de frenado es impuesto por dos campos magnéticos opuestos (la magnitud del campo magnético depende de la velocidad de giro y de la cantidad de corriente eléctrica externa que es suministrada). En cualquiera de los dos casos, el calor generado se debe disipar usando un sistema de refrigeración. La transmisión del malacate permite cambiar la dirección y velocidad del bloque viajero, además de esto, la potencia también debe ser transmitida a los carretos (ubicados a ambos lados del malacate) ya que estos se usan para ayudar en las actividades de perforación (hay un tipo de carreto que puede ser usado para transmitir potencia a las tenazas con las que se ajustan las tuberías, aunque estas también pueden ser potenciadas hidráulica o neumáticamente) o mover equipo en el piso del taladro [3].



Figura 1.9 – Malacate del Sistema de Levantamiento de un Taladro de Perforación [12].

1.3.2.1.2. Bloque Corona:

Es un ensamblaje de poleas situado en la parte superior de la torre, mostrado en la Figura 1.10, donde se enrolla el cable de perforación de forma alternada, arriba en el mismo y abajo en el bloque viajero, eso es así para garantizar que el sistema de levantamiento sea operacional [12].



Figura 1.10 – Bloque Corona del Sistema de Levantamiento de un Taladro de Perforación [12].

1.3.2.1.3. Bloque Viajero:

Consiste de un arreglo de poleas por el que se pasa el cable de perforación y el gancho, como el mostrado en la Figura 1.11. El bloque viajero es el que permite que la sarta de perforación suba o baje suspendida desde el bloque corona, esto se debe a que al gancho va unido la unión giratoria (permite movimientos verticales y rotacionales al mismo tiempo, swivel), el cuadrante, la sarta de perforación y los elevadores (abrazaderas extremadamente resistente que agarran las grapas de perforación) [12].

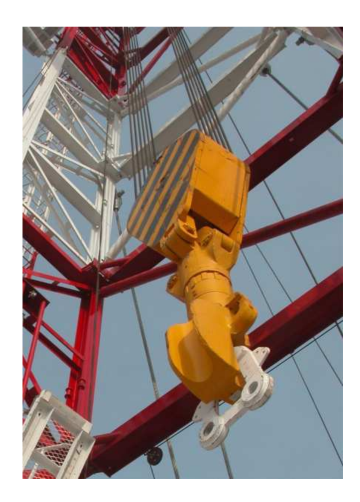


Figura 1.11 – Bloque Viajero del Sistema de Levantamiento de un Taladro de Perforación [12].

1.3.2.1.4. Cable de Perforación:

Es un cable conformado por la unión (por rotación) de 6 cordones metálicos. Su función principal es resistir el peso de la sarta de perforación y diferentes equipos y herramientas que se deben bajar, levantar o suspender en todas las operaciones de perforación [12]. Este cable se enrolla en carretes muy grandes como se muestra en la Figura 1.12.



Figura 1.12 – Cable de perforación enrollado en un carrete [12].

En una torre de perforación un extremo va amarrado al tambor del malacate, luego al bloque corona, este tramo del malacate al bloque corona se conoce como línea veloz (fast line), después pasa por las poleas del bloque viajero para regresar al bloque corona (permite que el bloque viajero ascienda y descienda) y por ultimo va a un carrete de almacenaje, este último tramo del cable de perforación que va del bloque corona al carrete de almacenaje se conoce como línea muerta [11]. El cable de perforación no se desgasta uniformemente, los desgastes más severos ocurren en los puntos donde el cable está en el tope del bloque corona (parte superior de las poleas) o por debajo del bloque viajero (parte inferior de las poleas del mismo) y en los empates de cable en el malacate. Una falla en el cable de perforación puede resultar en una lesión del personal, daño a la torre y perdida de tramos de tuberías dentro del agujero, es por esto que es importante mantener la tensión del cable por debajo de su valor nominal de resistencia para así garantizar su buen estado. Además de esto el cable de perforación se mantiene en buena condición con un programa de mantenimiento conocido como correr y corte (slip-and-cut, en ingles). El correr se refiere a aflojar el ancla de la línea muerte y colocar cable nuevo, esto cambia la longitud del cable y por lo tanto cambian los puntos que están en la parte superior e inferior de las poleas de los bloques corona y viajero respectivamente. Mientras que la parte de

corte es remover una parte del cable del tambor del malacate y cortar una sección del extremo, esto cambia los puntos de empate. El cable se corre varias veces antes de ser cortado, con esto se debe ser muy cuidadoso para no cambiar un punto que está por debajo del bloque viajero para arriba del bloque corona [3]. La API recomienda un desliz y corte programado por tonelada-milla, es decir, registrar cuando una tonelada haya sido transportada por el cable una milla. El programa en si depende del diámetro del cable, del arreglo del mismo y de las condiciones de perforación, por lo que se debe determinar con la experiencia en el campo [3].

1.3.3. Sistema de Circulación

El sistema de circulación es el encargado de hacer avanzar el lodo o fluido de perforación a lo largo de la sarta de perforación hasta el fondo del agujero para, principalmente, remover los cortes o ripios de roca que son producto del mismo taladrado. Los componentes principales del sistema de circulación son las bombas de lodo, los tanques de lodo, las conexiones superficiales, la sarta de perforación, equipo de remoción de sólidos y equipos separadores de gas cuando sean necesarios, en la Figura 1.13 se muestra un esquema del sistema de circulación de un taladro de perforación. El sistema de circulación puede incluir bombas especiales y agitadores después de los quipos de remoción de sólidos, entre los que están las pistolas de lodo (tubos de acero de alta presión que se utilizan en el tanque para evitar la sedimentación del fluido de perforación), agitadores de lodo y bombas centrifugas (se utilizan para transportar el lodo de un tanque a otro o entre los equipos de remoción de sólidos) [11].

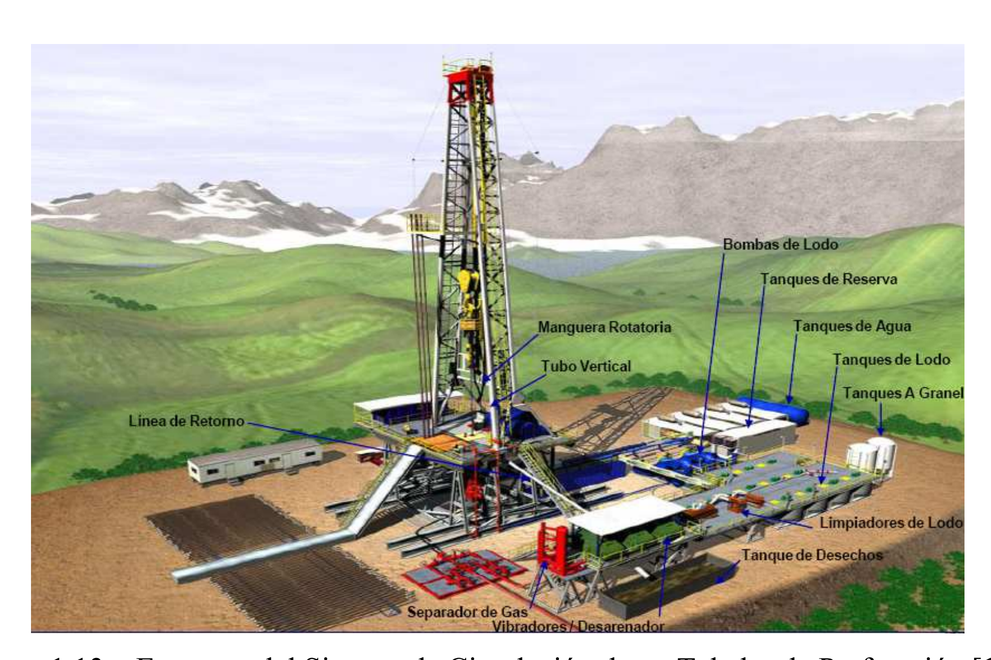


Figura 1.13 – Esquema del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [11].

1.3.3.1. Fluido de perforación

El lodo o fluido de perforación generalmente es una mezcla liquida o gaseosa que se circula dentro del hoyo para cumplir una serie de funciones de suma importancia en la perforación rotatoria. Hay tres categorías principales de fluidos de perforación, la primera son los líquidos que pueden ser a base de agua (ideal para perforar zonas de bajas presiones, es económica pero muy sensible a contaminantes) o aceite (usado para perforar zonas arcillosas, ya que controla y previene la hidratación de arcillas), la segunda que es la mezcla gas-liquido (tienen el inconveniente de que se deben utilizar compresores para generar los volúmenes de gas deseado y una cabeza rotatoria por debajo del piso de taladrado y contra el Kelly para evitar las fugas, pero tienen la ventaja de que minimizan el daño a la formación y lograr altas tasa de perforación) que pueden ser espumosos (predomina el gas) o aireados (predomina el agua) y la tercera que son gases en la que se puede usar una gran variedad de gases, aunque los más comunes son aire y gas natural (cuando se usa gas este se suele quemar al final, pero tanto con aire como con gas natural se debe tener extremo cuidado para evitar explosiones, la combinación de pequeñas cantidades de hidrocarburo con un gas comprimido hacen que su uso sea muy peligroso) [3]. Los fluidos de perforación que son líquidos son a los que se le conoce como lodos de perforación. Fluidos de perforación gaseosos se usan cuando las formaciones encontradas por la mecha son muy fuertes y de baja permeabilidad. Cuando se taladra rocas sedimentarias, el uso de gas como fluido de perforación incrementa la tasa de penetración. Lo contrario se produce cuando se encuentran formaciones por la que fluye agua, debido a que los ripios tienden a unirse y por lo tanto se vuelven más difíciles de “soplar” al exterior del hoyo. Cuando se encuentran formaciones con agua se pueden usar fluidos espumosos, lo que produce un incremento en la tasa de penetración, pero a medida que se incrementa la cantidad de agua en las formaciones también incremente el costo de la espuma, por lo que se deja de usar. Cuando la resistencia de las formaciones es muy alta, se debe usar una herramienta de percusión (tipo martillo) por encima de la mecha y se puede combinar con un gas como fluido de perforación para accionar el mismo. El uso de esta combinación incrementa significativamente la tasa de penetración en formaciones rocosas muy duras en comparación a los martillos que tienen otro tipo de accionamiento [11].

Las funciones de los fluidos de perforación [13]:

- Transportar los ripios de la perforación y los derrumbes o cortes hasta la superficie, es una de las funciones más importantes del fluido de perforación, para que el fluido sea capaz

de lograr que el fondo del hoyo este limpio el mismo se debe bombear a la presión y volumen adecuado.

- Mantener en suspensión las partículas cuando se detiene la circulación. Cuando por alguna razón (parada de las bombas, conexiones, cambios de mecha, etc) se detiene la circulación del fluido de perforación, este mismo debe ser capaz de mantener a los ripios en suspensión para que estos no regresen al fondo del hoyo, este se logra haciendo que el fluido forme un estructura tipo gel, que dependerá de su densidad, viscosidad y resistencia al corte.
- Controlar las presiones de la formación, las formaciones perforadas se encuentran bajo la presión del agua, el gas o el petróleo que se encuentra en el subsuelo, estas presiones se deben controlar con la columna hidrostática generada por el fluido de perforación y así evitar la filtración de fluidos distintos al mismo.
- Limpiar, enfriar y lubricar la mecha y los tubos de perforación, la fricción de la rotación contra las rocas perforadas genera calor que puede afectar negativamente a los equipos utilizados por lo que el fluido de perforación debe tener suficiente capacidad calorífica y conductividad de forma de que puede absorber ese calor y disiparlo en la atmosfera cuando salga del hoyo. Además de esto, en menor grado, el fluido de perforación debe lubricar la mecha, la sarta y el revestimiento, esto se logra agregando emulsionantes o aditivos. La capacidad lubricante del fluido de perforación se refleja en la disminución de la torsión de la sarta, aumento de la vida útil de la mecha, reducción de la presión de la bomba, etc.
- Prevenir derrumbes de la formación, la misma presión hidrostática que controla las presiones de la formación debe evitar que la misma se derrumbe antes de que se haya colocado un revestimiento.
- Suministrar un recubrimiento liso, delgado e impermeable para proteger la productividad de la formación, es decir, que el recubrimiento que sea capaz de minimizar los problemas de derrumbe y atascamiento de la tubería, además de consolidar la formación y atrasar la filtración de fluidos hacia la misma.
- Ayudar a soportar el peso de la sarta de perforación y del revestimiento, a medida que la sarta de perforación desciende los pares de tubería en la misma son más, por lo que su peso aumenta y pude provocar grandes esfuerzos en los equipos de superficie, a pesar de esto el fluido de perforación sostiene parcialmente a la sarta de perforación por el empuje

ascendente que produce el mismo, por lo tanto, el peso de la sarta de perforación y de la tubería de revestimiento en el lodo, es igual a su peso en el aire multiplicado por el factor de flotación del fluido de perforación (el factor de flotación depende de la densidad del fluido de perforación).

- Proveer un medio adecuado para llevar a cabo la evaluación de las formaciones, a pesar de que las características de los cortes que llegan a la superficie son alteradas por el fluido la calidad de este último debe permitir obtener toda la información necesaria para determinar la capacidad productiva de las formaciones perforadas.

En la Figura 1.14 se puede observar un esquema del ciclo del fluido de perforación a lo largo de todo el sistema de circulación del taladro.

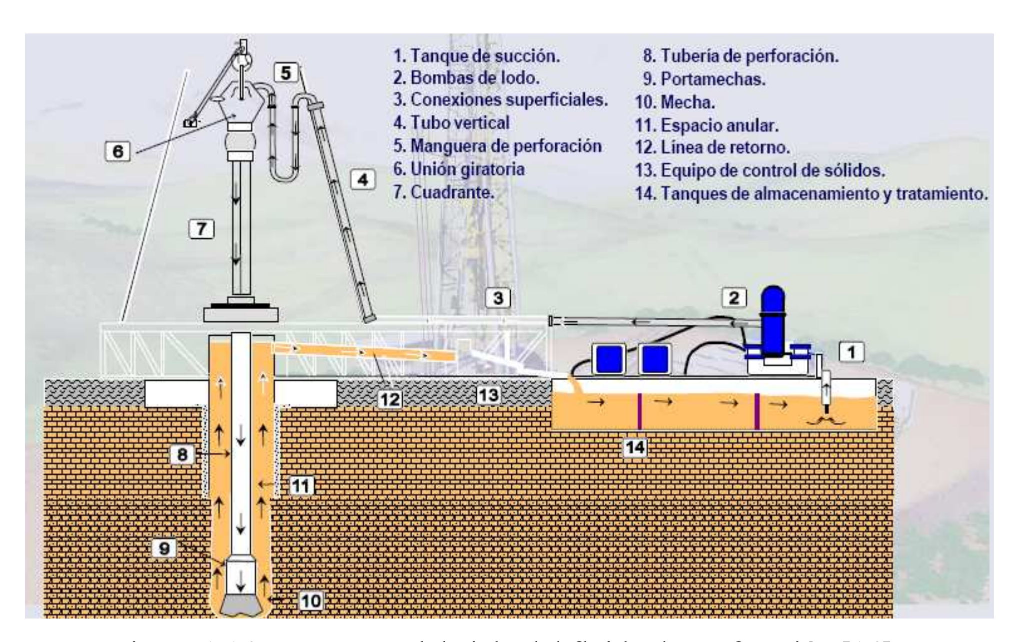


Figura 1.14 – Esquema del ciclo del fluido de perforación [14].

1.3.3.2. Bombas de lodo

A excepción de algunos ensayos las bombas de lodo siempre han sido bombas reciprocantes de desplazamiento positivo de pistón. Las bombas de lodo son el principal componente del sistema de circulación debido a que su función es la de manejar grandes caudales de lodo a altas presiones. Funcionan con motores eléctricos conectados directamente a ella o con energía transmitida desde una central. Se usan bombas reciprocantes de desplazamiento positivo debido a que son capaces de trabajar con fluidos que tiene alto contenido de sólidos, que son abrasivos, de

fácil operación y mantenimiento, alta confiabilidad y tienen la capacidad de operar en un amplio rango de presiones y caudales [3].

Comúnmente se usan bombas dúplex (dos pistones) y triplex (tres pistones). Las bombas dúplex generalmente son de doble efecto, es decir, bombea con el movimiento de salida y de retorno del pistón. Mientras tanto las bombas triplex son de simple efecto, es decir, bombean solo con el movimiento de salida del pistón. Las bombas Triplex, como la mostrada en la Figura 1.15, son las más usadas en las operaciones de perforación, a pesar de que el flujo es más pulsante que el de las bombas dúplex, debido a que son más ligeras y compactas, y su operación y mantenimiento es menos costoso al de las bombas dúplex [11].

Generalmente en las operaciones de perforación se utilizan dos bombas conectadas en paralelo para poder entregar los altos caudales de fluido que son necesarios. En los puntos más profundos del hoyo se usa una sola bomba por lo que la segunda bomba queda de apoyo cuando a la primera se le hace mantenimiento. Las bombas se clasifican por su potencia hidráulica, la presión máxima y el caudal máximo. Debido a problemas de mantenimiento de los equipos presiones mayores a los 3500 psig son usadas en muy pocas ocasiones [3].



Figura 1.15 – Bombas (triplex) de Lodo del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [12].

1.3.3.3. Conexiones superficiales

1.3.3.3.1. Líneas de descarga y de retorno

Tuberías por las que fluye el lodo freso, tratado y a alta presión hacia el hoyo y por la que sale desde la boca del hoyo, por efecto de la gravedad, conteniendo ripios y gases hacia el área de acondicionamiento (equipos de remoción de contaminantes) [12].

1.3.3.3.2. Tubo Vertical

También se le conoce como "Stand Pipe" se conecta en una de las esquinas de la torre y es la tubería encargada de conectar la descarga de las bombas de lodo con la manguera giratoria [11].

1.3.3.3.3. Manguera Giratoria

Manguera de goma con un extremo muy fuerte, flexible y reforzado que conecta el tubo vertical con la unión giratoria. La manguera giratoria debe ser flexible y fuerte ya que esta se debe mover hacia arriba o hacia abajo cuando sea necesario pero a la vez permitiendo un paso, sin puntos de atascamiento, del fluido de perforación [11].

1.3.3.3.4. La sarta y de perforación

En el sistema de circulación la sarta de perforación cumple la función de conectar la superficie con el fondo del pozo, permitiendo el paso y profundización del fluido de perforación hasta la mecha por la que sale el fluido de perforación al espacio anular entre la sarta y el hoyo perforado [12].

1.3.3.4. Equipos de Remoción de Sólidos

Son los encargados de acondicionar el fluido de perforación que acaba de salir del pozo, principalmente separar los ripios que puede traer del fondo del hoyo debido a que estos causan desgastes en las tuberías, bombas y demás equipos por lo que circule el fluido de perforación, aumentando el costo de toda la operación. Se encuentran en lo que se conoce como la zona de acondicionamiento del taladro de perforación [3].

1.3.3.4.1. Cernidor (Shale Shaker, nombre en inglés)

Mostrado en la Figura 1.16, su función principal es eliminar los sólidos de mayor tamaño del fluido de perforación haciéndolo pasar por un par de pantallas vibratorias (tipo malla e intercambiables, de su tamaño dependerá el tamaño de los sólidos separados) y los sólidos quedan encima de la malla mientras que el fluido cae a un tanque ubicado en la parte de debajo de la maquina [3].



Figura 1.16 – Cernidor de la zona de acondicionamiento del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [11].

1.3.3.4.2. Desarenador

Son equipos constituidos por varios cilindros cónicos, como se puede observar en la Figura 1.17, que separan del fluido de perforación la arena que lograr pasar por el cernidor. Funcionan por acción de la fuerza centrifuga que se ejerce sobre el fluido cuando pasa por los conos, la arena que pasa en contacto por la superficie del cono pasa a un depósito de arena [11].



Figura 1.17 – Desarenador de la zona de acondicionamiento del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [11].

1.3.3.4.3. Desilter (separador de sólidos):

Separa sedimentos a través de un hidrociclón, muy parecido a un desarenador pero con la diferencia de que se compone por muchos más conos y de menor tamaño, diferencia que se puede observar al comparar la Figura 1.17 con la Figura 1.18. Estos conos más pequeños permiten que la eficiencia del destilador sea mayor a la desarenador y por lo tanto es capaz de remover sólidos más pequeños que la arena. Esto último es la razón por la que el desilter se coloca después del desarenador en los equipos de remoción de sólido. Algunos destiladores también tienen una malla

vibratoria (igual a la del cernidor pero de menor tamaño) a la que llega el fluido después de que atraviesa los conos [3].



Figura 1.18 – Desilter de la zona de acondicionamiento del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [12].

1.3.3.4.4. Centrifugas decantadoras

Están constituidas principalmente por un tambor giratorio de forma cónica o cilíndrica/cónica y un transportador (pieza mecánica parecida a un tornillo sin fin), como se muestra en la Figura 1.19. El fluido de perforación entra al tanque giratorio en donde está el transportador, que gira en el mismo sentido pero a diferente velocidad. El giro del tanque crea una fuerza centrifuga que provoca que las partículas se peguen a la superficie del mismo y luego sean arrastradas por el transportador hasta un depósito o a la descarga y por lo tanto queden separadas del fluido de perforación. Que el tanque y el transportador giren a velocidades diferentes permite que sea posible controlar la humedad de los sólidos descartados [3].



Figura 1.19 – Centrifuga de la zona de acondicionamiento del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [11].

1.3.3.5. Equipos separadores de gas

Se utilizan cuando la cantidad de gas que abandona el hoyo perforado junto con el fluido de perforación se hace muy grande. El gas se debe separar del fluido de perforación debido a que reduce el peso del lodo, reduce la eficiencia de la bomba, disminuye la presión hidrostática

producida por el lodo y reduce el volumen del lodo. Para separar el gas del lodo principalmente se usa un desgasificador.

1.3.3.5.1. Desgasificador de vacío

Un desgasificador de vacio se basa principalmente en un tanque que contiene unas placas finas por las que circulara el lodo y una bomba de vacío en el tope del mismo, dicha configuración se puede observar en la Figura 1.20. Cuando el lodo circula en las placas planas inclinadas el mismo lo hace con poco espesor (disminuye la distancia que tienen que viajar las burbujas de gas hasta la superficie), por lo que las burbujas de gas se juntan y explotan liberando el gas que luego es succionado por la bomba de vacío [3].



Figura 1.20 – Desgasificador de vacío de la zona de acondicionamiento del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [12].

1.3.3.5.2. Desgasificador atmosférico

Es un tanque, como se puede observar en la Figura 1.21, que basa su funcionamiento en la fuerza de gravedad para crear turbulencia en el lodo que se bombea en el interior del mismo [11]. La agitación generada por la turbulencia provoca que las burbujas suban a la superficie y revienten, el gas liberado por las burbujas es retirado por la parte superior del tanque por efecto de diferencia de presiones con el exterior, mientras que el lodo de perforación abandona el tanque por la parte inferior del mismo [3].



Figura 1.21 – Desgasificador atmosférico de la zona de acondicionamiento del Sistema de Circulación de un Taladro de Perforación [12].

1.3.4. Sistema de Rotación

Es un potente ensamblaje encargado principalmente de hacer rotar la tubería durante las operaciones de perforado. Se puede clasificar en convencional o de mesa rotatoria, de top drive o de motor de fondo, como se muestra en la Figura 1.22.

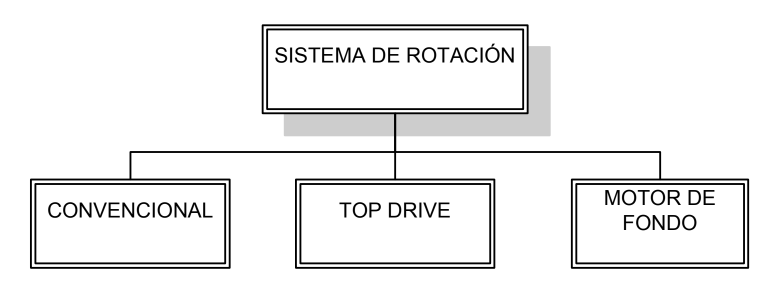


Figura 1.22 – Clasificación de los Sistemas de Rtoación.

Los componentes principales de un sistema de rotación son la mesa rotatoria, la sarta de perforación (unión giratoria, cuadrante, tubería de perforación y el ensamblaje de fondo) y la mecha o barrena.

1.3.4.1. Mesa Rotatoria

Es un dispositivo mecánico, mostrado en la Figura 1.23, que se utiliza para hacer girar la tubería de perforación en sentido horario (visto desde arriba) impartiendo un momento de torsión al cuadrante, también permite suspender la sarta de perforación reteniendo las cuñas que se usan cuando la sarta no está sostenida por el gancho y los elevadores. La mesa maestra está ubicada en el piso del taladro debajo del bloque viajero y encima del hoyo como se puede apreciar en la Figura 1.24. La mesa de perforación es capaz de sostener el peso de la sarta y del revestimiento.

La mesa maestra tiene dos componentes principales, el buje (encargado de proveer el espacio donde se introduce el buje cuadrante dentro de la mesa rotatoria) y el buje del cuadrante (acopla al buje maestro y transmite el momento de la mesa rotatoria a la sarta de perforación) [3].

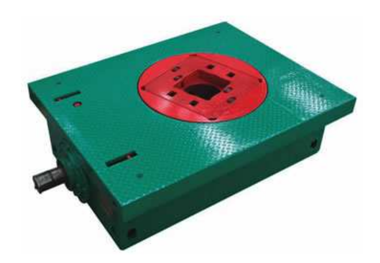


Figura 1.23 – Mesa Rotatoria del Sistema de Rotación de un Taladro de Perforación [12].



Figura 1.24 – Mesa Rotatoria en el piso de un Taladro de Perforación [12].

1.3.4.2. Sarta de perforación

Es la encargada de conectar la unión giratoria con la mecha, es decir, actúa como un eje y transmite el momento de torsión a la mecha y por lo tanto es el que la hace girar. Además la sarta de perforación tiene como funciones ser capaz de aguantar el peso de toda la tubería para poder levantar y bajar la mecha al hoyo, aplicar peso sobre la mecha para auxiliar en la penetración, conducir el fluido de perforación hasta la mecha. La sarta de perforación se compone por: la unión giratoria, el cuadrante, la tubería de perforación y el ensamblaje de fondo (tubería pesada, portamechas y herramientas especiales) [11].

1.3.4.2.1. Unión giratoria (swivel)

La unión giratoria, mostrada en la Figura 1.25, acopla al bloque viajero con la sarta de perforación, es decir, une al sistema de levantamiento con la sarta de perforación. La unión giratoria va guindada del gancho y al ser un pivote permite que la sarta gire al mismo tiempo que es levantada, bajada o suspendida por el sistema de levantamiento. Adicionalmente en la unión

giratoria se conecta la manguera rotatoria y permite que el fluido de perforación fluya hacía la sarta de perforación. La manguera rotatoria se conecta a un tubo en forma de "U" ubicado en la parte superior de la unión que se conoce como cuello de ganso. La unión giratoria debe ser capaz de soportar el flujo de fluidos abrasivos y los grandes pesos de la sarta de perforación [3].



Figura 1.25 – Unión giratoria del Sistema de Rotación de un Taladro de Perforación [12].

1.3.4.2.2. Cuadrante (Kelly)

Como se puede observar en la Figura 1.26, el cuadrante es un tubo de acero que puede tener forma triangular, cuadrada o hexagonal y es el único componente de la sarta de perforación que puede operar por arriba y por debajo de la mesa de perforación simultáneamente (esto se debe a que su longitud es mayor a la de las tuberías de perforación utilizadas) [11].

Su principal función es transmitir el movimiento de rotación de la mesa rotatoria a la sarta de perforación (su forma es igual a la del buje cuadrante que se encuentra dentro de la mesa rotatoria, como se puede observar en la Figura 1.26). Asimismo permite el movimiento vertical de la sarta mientras se perfora, servir de conducto para permitir el paso del fluido de perforación hacia la sarta y proteger la unión giratoria y la manguera de perforación de cualquier presión repentina que pueda venir del hoyo con una válvula que se encuentra instalada en su parte superior, a esta válvula se le conoce como "Kelly clock" ([3]).



Figura 1.26 – Cuadrante (Kelly) dentro del Buje del Cuadrante (Kelly Bushing) girando por efecto del momento torsor impartido por la mesa rotatoria en el piso de un Taladro de Perforación [12].

1.3.4.2.3. Tubería de Perforación

La tubería de perforación se ocupa de conectar el ensamblaje de fondo con la superficie. La tubería de perforación son cilindros huecos de acero pesado que al conectarse forman la parte superior/media de la sata de perforación. Su principal función es la de transmitir el movimiento de rotación de la mesa a la mecha. La tubería de perforación también permite subir y bajar la mecha cuando sea necesario y servir del conducto para que el fluido de perforación llegue hasta la mecha y al fondo del pozo. Los tubos de acero que constituyen la tubería de perforación se clasifica según su longitud:

- Rango I: (18-22)ft
- Rango II: (27-30)ft
- Rango III: (38-45)ft

Las tuberías del Rango II son las más comúnmente usadas. También se pueden clasificar según el grado de acero, a mayor grado de acero mayor será la resistencia mecánica de la tubería a los esfuerzos de tensión y torsión [11].

Las tuberías se conectan y se desconectan para poder hacer los viajes, por medio de las roscas. Estas roscas están diseñadas para soportar grandes esfuerzos de tensión, enrosque y desenrosque, pandeo, torsión y otros esfuerzos que puedan causar daños a la tubería de perforación, debido a

que teóricamente las roscas están sometidas a la misma o mayor fuerza axial que el cuerpo de la tubería, soporta las mimas cargas flexión y se desempeñan a la misma presión que la tubería, es por esto que todos los puntos de conexiones de tuberías (incluyendo revestimientos) son puntos potenciales de falla [11].

A las tuberías que están conectadas se les llama parejas, el número de tubos que conforman las parejas esta dado por la altura de la torre. Las parejas pueden ser de dos, tres o cuatro tubos. Debido a que para hacer parejas se pueden mezclar tubos de diferentes rangos, la longitud de cada pareja se debe registrar cuidadosamente para determinar la profundidad total que se ha perforado [11]. Los tubos se pueden almacenar en el encuelladero y en soportes que se colocan cerca del taladro, como se puede observar en la Figura 1.27.



Figura 1.27 – Tuberías de Perforación almacenadas en soportes a un lado del Taladro de Perforación [11].

1.3.4.2.4. Ensamblaje de Fondo (BHA, Bottom Hole Assemblies)

Son un grupo de dispositivos diseñados para, principalmente, aplicar peso sobre la mecha, asimismo minimizar las vibraciones y atascamientos de la tubería de perforación, mantener la trayectoria de la sarta y la buena calidad del hoyo. Los componentes principales de los ensamblajes de fondo son las tuberías pesadas, las portamechas y las herramientas especiales [3].

- Tubería pesada: también conocida como “Heavy Weight”, es el componente que conecta a la tubería de perforación con los ensamblajes de fondo, sus dimensiones son casi iguales a las de los tubos de la tubería de perforación aunque de paredes más gruesas y ligeramente más larga. Su función de transición es la de servir como zona de transición entre los BHA y la tubería de perforación. Debido a que al tener casi las mismas dimensiones a los tubos intermedios de la sarta pero de paredes más gruesas, reducen las

concentraciones de esfuerzos de flexión cíclica en las conexiones de la tubería de perforación [11].

- Portamechas: también se les conoce como “Drill Collar”. Son tuberías de acero no magnético, muy pesadas y con paredes muy gruesas que se colocan justo encima de la mecha. Las portamechas proporcionan la rigidez y el peso necesario para producir la carga axial que requiere la mecha para lograr una perforación efectiva. Las portamechas también concentran el peso en la parte inferior de la sarta, por lo que mantienen a la misma en tensión (la sarta tiende a fallar cuando esta bajo esfuerzos de compresión), sirven de estabilizador para mantener el rumbo de la mecha y permiten el paso del fluido de perforación. Las portamechas se diferencian del resto de las tuberías de perforación (incluyendo las tuberías pesadas) en que no tienen cuello (como se puede observar en la Figura 1.28), son de mayor peso, su diámetro debe ser lo más cercano posible al del hoyo para proveer estabilización y hay de diferentes formas [11].



Figura 1.28 – Tuberías de perforación (en el fondo, con cuello) y portamechas (en el frente) [12].

En el sentido de las formas, hay cuatro tipos básicos de portamechas y pueden ser detalladas en la Figura 1.29:

- Normales: superficie lisa y recta.
- Espirales: ranuras en espiral, hechas en el cuerpo del tubo.
- Muescado: tiene muescas en el extremo del tubo, cerca de la caja (parte hembra del tubo).
- Cuadrado: se usan como estabilizadores, ya que proveen máximo contacto con las paredes del hoyo.



Figura 1.29 – Formas de las Portamechas de los BHA de la Sarta de Perforación.

- Herramientas Especiales: se les llama así a las herramientas que se usan entre lo BHA para influenciar el comportamiento de la mecha durante la perforación. Entre estas herramientas principalmente se encuentran: substitutos, estabilizadores, escariador rotatorio, amortiguadores y vibradores (martillos) [11].
  - Substitutos: son tuberías de poca longitud (generalmente no mayores a 4 pies) que se utilizan para enlazar herramientas o tuberías que no tienen roscas compatibles [11]. En la Figura 1.30 se puede observar un ejemplo de un substituto.



Figura 1.30 – Substituto, Herramienta Especial de los BHA de una Sarta de Perforación [12].

  - Estabilizadores: se utilizan en el ensamblaje de fondo para estabilizar la mecha y los portamechas durante la perforación. Los estabilizadores sirven para incrementar la tasa de penetración debido a que aplican peso a las portamechas, también reducen la fatiga en las conexiones de los portamechas debido a que reducen el pandeo de las mismas, mantienen a los portamechas alejados de las paredes del hoyo por lo que evitan las trabas de la tubería, previenen cambios bruscos de ángulo, mantienen a los portamechas centrados y por último, se usan en los pozos direccionales ya que dependiendo de donde se colocan y su forma, los estabilizadores son capaces de cambiar el rumbo (cambiar ángulo) de la sarta de perforación. En la Figura 1.31 se muestran unos estabilizadores no rotatorios.



Figura 1.31 – Estabilizadores no rotatorios, Herramienta Especial de los BHA de una Sarta de Perforación [11].

- Escariador rotatorio: es una herramienta que se utiliza en la perforación para mantener el diámetro del hoyo o para ampliar un poco el mismo cuando se perfora formaciones duras. También mantienen centrados los portamechas y por lo tanto incrementan la vida útil de la mecha.
- Amortiguadores: son herramientas que se colocan en el extremo inferior de la sección de portamechas, se usan para absorber las vibraciones y cargas de choques que se generan al perforar formaciones duras. Los amortiguadores entonces reducen la fatiga y la falla en las conexiones de los portamechas, incrementan la vida útil de la mecha, aumentan la tasa de penetración debido a que permiten aplicar la combinación necesaria peso-velocidad a la vez que protege a las conexiones y a la mecha y reducen la posibilidad de daño a los equipos de superficie. En la Figura 1.32 se puede observar un corte transversal de un amortiguador.
- Vibradores: también se les denomina martillo, son herramientas que se colocan en la sarta de perforación para atravesar formaciones duras o en caso de pegas de tubería. Los martillos pueden ser activados mecánica, hidráulica, hidromecánica o neumáticamente y pueden golpear en dirección ascendente o descendente, en la Figura 1.33 se puede observar un grupo de vibradores hidráulicos.



Figura 1.32 – Corte transversal de un amortiguador, Herramienta Especial de los BHA de una Sarta de Perforación [12].



Figura 1.33 – Vibradores hidráulicos, Herramienta Especial de los BHA de una Sarta de Perforación [11].

1.3.4.3. Mecha o Barrena

Es la herramienta básica de la perforación, se usa para cortar y penetrar las formaciones, se coloca en el extremo inferior de la sarta de perforación. Su función principal es perforar el hoyo, esto se logra rompiendo o fragmentando las formaciones que se encuentre en el camino desde la superficie hasta el pozo.

La mecha tiene jets (orificios) que permiten la salida del fluido de perforación a altas velocidades y presiones para limpiar el fondo del hoyo y permitir el flujo al sistema de circulación.

Su óptimo funcionamiento depende de condiciones de subsuelo, dureza de formación y profundidad de hoyo, además de esto también depende del peso que se le aplica usando el

portamechas, la velocidad de la mesa rotatoria y la circulación del fluido de perforación a una presión óptima. La eficiencia de la mecha se mide en costo por pie [3].

Las mechas se clasifican, genéricamente, de la siguiente manera:

- Tricónicas: es una mecha una mecha universal, de gran versatilidad y aceptación por sus buenos resultados en la perforación de pozos. Como su nombre lo indica tiene tres conos cortadores que giran sobre su propio eje, como se puede observar en la Figura 1.35. Posee toberas entres los conos por donde sale el fluido de perforación a gran velocidad y presión, detalle que se puede apreciar en la Figura 1.34 en el frente de la Figura entre los dos conos [15].
- De cortadores fijos: son hechas de diamante y a diferencia de las mechas tricónicas estas no tienen partes móviles, diferencia que se puede notar al comparar la Figura 1.34 con la Figura 1.35. Para estas mechas, los conductos se encuentran contra el fondo del agujero para crear una restricción y así forzar el fluido hacia el diamante y poder limpiar el mismo a la vez de que se enfría la mecha, la tobera por la que sale el fluido de perforación por lo tanto se encuentra en el centro de la misma, como se puede observar en la Figura 1.36. Por lo general, mientras más dura y abrasiva sea la roca más pequeño será el diamante que debe usar la mecha [15].
- Mechas especiales: como su nombre lo indica son mechas utilizadas en situaciones muy especificas, como por ejemplo, las mechas de chorro desviador que son usadas durante la desviación del agujero en la perforación direccional de formaciones blandas [15].



Figura 1.34 – Mecha triconica para formaciones duras [15].



Figura 1.35 – Mecha de cortadores fijos de diamantes TSP (Policristalino Térmicamente Estable) [15].



Figura 1.36 – Tobera de una Mecha de cortadores fijo de diamantes TSP [15].

1.3.4.4. Sistema de rotación convencional

El sistema de rotación convencional es el que gira por el torque generado en la mesa rotatoria. Tiene como inconveniente que no se puede circular lodo mientras la sarta esta rotando y de que no se puede hacer rotar la sarta mientras la misma se esté moviendo verticalmente (haciendo un viaje hacia afuera) [11].

En la Figura 1.37 se puede observar un esquema del sistema de rotación de un taladro de perforación, este esquema muestra un sistema convencional, es decir, que gira por el momento torsor impartido por la mesa rotatoria, también se muestra el "Rotary Drive" que no es nada más que el motor o la transmisión que acciona la mesa rotatoria [3].

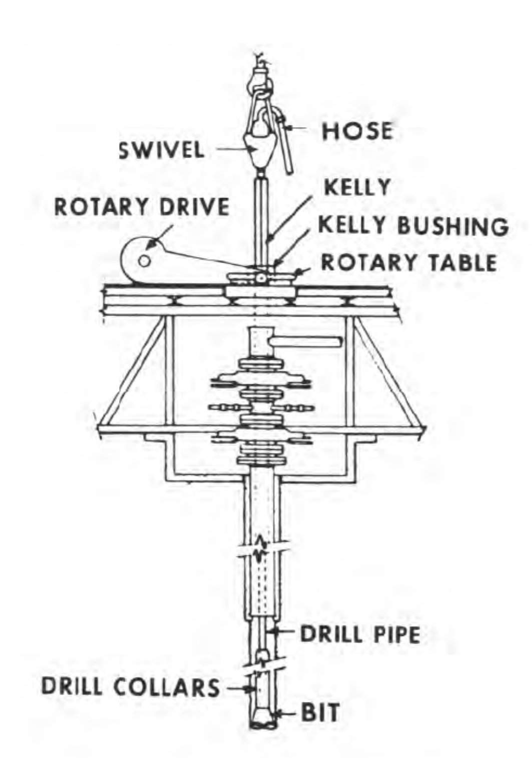


Figura 1.37 – Esquema del Sistema de Rotación Convencional de un Taladro de Perforación [3].

1.3.4.5. Sistema de rotación con Top Drive

Se basa en un motor eléctrico para transmitir la rotación a la sarta de perforación. Dicho motor va colgado del bloque viajero justo por debajo de la unión giratoria y se conecta la sarta de perforación directamente al mismo, como se muestra en la Figura 1.38, por lo que elimina el uso del cuadrante y de la mesa rotatoria. El motor en la parte superior tiene una unión giratoria que permite la circulación del fluido de perforación hacía el interior de la sarta de perforación [11].

Básicamente se diferencia del sistema de rotación convencional en que se puede transmitir rotación a la sarta desde cualquier altura, por lo que permite parejas más largas, y funciona independientemente de si la sarta se está sacando del hoyo de perforado. Las ventajas del sistema de rotación con Top Drive son que disminuye el tiempo de conexión de parejas, disminuye el riesgo de atascamiento diferencial, permite conectar o desconectar tubería a cualquier altura de la torre, permite bombear fluido al mismo tiempo que se repasa el hoyo, disminución de accidentes industriales (elimina las llaves de vapor) y cierre más rápido del pozo en caso de arremetidas. Tanto en el sistema de rotación convencional como en el sistema de rotación con top drive gira toda la sarta de perforación [11], así como se ilustra en la Figura 1.39.



Figura 1.38 – Motor de un Sistema de Rotación “Top Drive” de un Taladro de Perforación [12].



Figura 1.39 – Rotación de la sarta de perforación con un sistema de top drive/convencional [11].

1.3.4.6. Sistema de Rotación con Motores de Fondo

Los motores de fondo eliminan la rotación de toda la sarta de perforación debido a que el momento torsor se le aplica solo a la parte final de la sarta por unos motores que son impulsados por el fluido de perforación así como se muestra en la Figura 1.40. Los motores de fondo pueden ser tipo turbina (axial multietapa, muy eficiente en formaciones duras) y de desplazamiento positivo (motor helicoidal de dos etapas, válvula de descarga, conjunto de vielas y ejes) [11].

El uso de motores de fondo reduce el desgaste de la unión giratoria, el cuadrante y la mesa rotatoria, además implica mayor eficiencia de combustible debido a que la potencia que necesitan las bombas para hacer funcionar el motor de fondo es menor a la potencia necesaria para hacer girar a toda la sarta de perforación, disminuye el desgaste externo de la sarta y el interno del revestimiento debido a que elimina la fricción por rotación, en combinación con la mecha adecuada produce mejores tasas de penetración, lo que reduce el costo del pie perforado [11].

En conclusión, el usar el sistema de rotación con motores de fondo en comparación con un sistema Convencional/Top Drive presenta beneficios como menores vibraciones y fatiga, mayor potencia transmitida a la mecha, mayor control sobre desviaciones y cambios bruscos de ángulos (mayor eficiencia al perforar pozos direccionales), menor desgaste en las tuberías y revestimientos, menor uso de combustible y mayores tasa de penetración [11].



Figura 1.40 – Rotación de la sarta de perforación con un motor de fondo [11].

1.3.5. Sistema de Seguridad

El sistema de seguridad es el encargado de controlar mecánicamente una arremetida para que esta no se convierta en un reventón. Cuando la mecha de perforación atraviesa una formación permeable puede ocurrir una arremetida, que es un flujo de los fluidos de la formación del pozo que ocurre cuando la presión hidrostática que ejerce el fluido de perforación es menor a la de las formaciones del pozo, mientras que un reventón es un flujo incontrolado de fluidos de la formación hacía la superficie que se produce cuando falla el sistema de emergencia. El flujo en

un reventón es mucho mayor al de una arremetida, es por esto que un reventón inicia con una arremetida [3].

En las instalaciones de perforación se usan indicadores de volumen de la fosa del lodo de perforación para detectar arremetidas, debido a que cuando se observa un incremento en el volumen de la fosa significa que fluido de la formación puede estar entrando en el pozo, mientras que cuando se detectan bajos niveles en las fosas se puede deber a que se fluido de perforación está penetrando las formaciones del hoyo. Además de los indicadores de volumen también se usan medidores de flujo, estos muestran el caudal de fluido que entra y sale del pozo por lo que cuando se detecta una variación en este caudal se dará la alarma [3].

Cuando se hace un viaje un gran volumen de tubería es retirado por lo que se debe detener la circulación pero se debe bombear fluido de perforación para reemplazar el volumen de tubería y mantener la presión, en el caso de los viajes se usan indicadores de llenado del hoyo porque si el volumen de tubería retirado es menor al bombeado (detectado por los indicadores) significa que fluido está penetrando el hoyo desde las formaciones [3].

La mejor manera de calcular el volumen de fluido bombeado hacia el hoyo cuando se viaja la tubería es contando con unos tanque de viaje que están llenos de fluido de perforación y son desde donde se bombea el fluido cuando se viaja la tubería. El sistema de seguridad por lo tanto debe ser capaz de sellar el hoyo cuando ocurre una arremetida, mantener la contrapresión suficiente en el hoyo para que cese la entrada de fluidos desde la formación al hoyo y desviar el flujo lejos del personal y equipo del taladro. El sistema de seguridad se compone principalmente por un conjunto de válvulas impide-reventones (Blow Out Preventers), un acumulador, un múltiple de estranguladores y una línea de matar el pozo [3].

1.3.5.1. Válvulas Impide-reventones (Blow Out Preventers)

También se les conoce como VIR y es un conjunto de válvulas (como el que se puede apreciar en la Figura 1.41) localizadas sobre el cabezal del hoyo (debajo de la mesa rotatoria) que se utiliza para contrarrestar presiones, permitir mover la sarta de perforación sin bajar la presión del hoyo y cerrar el hoyo en el espacio anular cuando un reventón es inminente.

El conjunto de válvulas impide-reventones puede incluir una válvula impide-reventón tipo anular o esférico, impidereventón tipo ariete, un carreto de perforación y un cabezal de pozo. El cabezal del pozo es el accesorio que se ubica en el tope del revestimiento y sobre el cual se conectan el conjunto de válvulas impide-reventones [11].



Figura 1.41 – Conjunto de Válvulas Impide-reventones (BOP, por sus siglas en inglés) del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].

1.3.5.1.1. Válvulas tipo anular o esférico:

Se colocan en la parte superior de de las VIR, es activada hidráulicamente y es la primera válvula en activarse para cerrar el pozo. Está constituido por un elemento de empaque de acero reforzado con goma especial que cierra y sella la tubería, el cuadrante o el hoyo abierto debido a que la goma se pliega radialmente para formar el sello alrededor de la sarta sin importar el diámetro o forma de la misma. Un ejemplo de una válvula impide-reventón tipo anular se muestra en la Figura 1.42 mientras que el la Figura 1.43 se puede observar el corte transversal de la misma válvula. Las válvulas impide-reventón tipo anular o esférico están disponibles para presiones de 2000, 5000 y 1000 psig.



Figura 1.42 – Ejemplo de una válvula anular del conjunto de VIR del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].



Figura 1.43 – Corte transversal de una válvula del conjunto de VIR del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].

1.3.5.1.2. Válvulas tipo ariete:

Son activadas hidráulicamente y a diferencia de la válvula anular, la válvula tipo ariete si está diseñada para un diámetro específico de tubería. Esta válvula realiza un sello entre la tubería y el revestimiento, además de esto la válvula tipo ariete es capaz, de ser necesario, de soportar el peso de toda la sarta de perforación. Así mismos estas válvulas tienen entradas laterales que se conectan a la línea de estrangulación y a la línea de matar el pozo [12]. En la Figura 1.44 se muestra una válvula impide-reventón tipo ariete. Hay tres tipos distinto de válvulas tipo ariete, la de tubería (solamente cierran el espacio entre el revestimiento y la tubería), las ciegas y las de corte [12].



Figura 1.44 – Válvula tipo ariete de las VIR del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].

Las válvulas tipo ariete ciegas solamente cierran el hueco abierto cuando no hay tubería pasando por el conjunto de VIR. Cuando si hay tubería dentro del hoyo e inesperadamente se cierran las válvulas tipo ariete ciegas, estas estrangulan la tubería pero no van a impedir el flujo desde el pozo. En la Figura 1.45 se puede observar una tubería de perforación siendo

estrangulada por una válvula tipo ariete ciega y a simple vista se puede observar como esta es incapaz de impedir el flujo desde el pozo [3].



Figura 1.45 – Tubería de perforación estrangulada por una VIR tipo ariete ciega [12].

Las válvulas tipo ariete de corte están diseñadas para cortar la tubería cuando se cierran. Cuando se corta la tubería la misma cae dentro del hoyo y por lo tanto detiene el flujo desde el pozo. Las válvulas de corte se cierran solamente cuando todas las demás válvulas (las de ariete y la anular) han fallado [3]. En la Figura 1.46 se puede observar una tubería que fue cortada por una válvula de corte.



Figura 1.46 – Tubería cortada por una válvula de corte de las VIR del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].

Las válvulas tipo ariete (de tubería, ciegas y de corte) están disponibles para presiones de 2000, 5000, 10000 y 15000 psig [3].

1.3.5.1.3. Carreto de perforación:

No son válvulas pero son parte de las VIR. Los carretos de perforación son espaciadores entre las válvulas impide-reventones que tienen entradas laterales a los que se conectan las líneas de estrangulación (usadas para controlar el flujo de la arremetida) y la línea de matar el pozo (por donde se bombea el lodo pesado al pozo, el lodo pesador aumenta la presión dentro del pozo por lo que evita el flujo hacía la superficie) [11].

Los carretos de perforación permiten introducir o extraer fluido del espacio anular mientras las VIR se mantienen cerradas. En la Figura 1.47 se muestra un Carreto de perforación.



Figura 1.47 – Carreto de perforación usado entre las VIR del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].

1.3.5.2. Acumulador:

Es la unidad encargada de suplir fluido a presión suficiente para cerrar todas las válvulas que estén el conjunto de válvulas impide-reventones, se puede decir entonces que es la fuente de energía del mismo. Los acumuladores de 40, 80 y 120 galones con presiones máximas de 1500 y 3000 psig son los más comunes [11].

La presión en el acumulador se mantiene con el uso de una bomba pequeña independiente al sistema de potencia y al de circulación del taladro para que el hoyo se pueda cerrar en cualquier momento. La bomba debe ser capaz de manejar diferentes presiones para que la sarta se pueda sacar al mismo tiempo que el hoyo se mantiene cerrado, excesiva presión del acumulador mientras se saca la sarta se traduce en desgaste excesivo de todos los elemento de sellado. En la Figura 1.48 se puede observar una unidad acumuladora [3].



Figura 1.48 – Unidad acumuladora del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [11].

1.3.5.3. Múltiple de Estranguladores:

Es un sistema de distribución de flujo constituido por un ensamblaje de tuberías de alta presión con varias salidas laterales controladas por válvulas manuales o automáticas. Se conecta a las VIR por una línea de alta presión conocida como línea de estrangulación (conectada a los carretos y a las VIR tipo ariete). La arremetida se hace circular a través del múltiple de estranguladores, que al restringir el flujo, son capaces de mantener la presión del hoyo justo por encima de la presión de las formaciones. El múltiple de estranguladores se conecta al tanque, a los separadores de sólidos y a la fosa [11]. En la Figura 1.49 se puede apreciar el múltiple de estranguladores de un taladro de perforación.



Figura 1.49 – Múltiple de Estrangulación del Sistema de Seguridad de un Taladro de Perforación [12].

1.3.5.4. Línea de matar el pozo:

Es una línea que va directamente desde las bombas de lodo al conjunto de VIR y se conecta en el lado opuesto al múltiple de estrangulación. A través de esta línea se bombea lodo pesado hacía el pozo para restablecer una presión hidrostática mayor a la presión de las formaciones. Este procedimiento solo se usa en ocasiones especiales, entre una de estas esta cuando una de las formaciones se fractura durante una arremetida y la formación empieza a succionar el lodo de perforación de la parte superior del pozo [3].

1.4 SARTA DE REVESTIMIENTOS

Los revestimientos son parte esencial de la seguridad del hoyo durante las operaciones de perforación y posteriormente durante las actividades de completación y su vida productiva [1]. Los revestimientos tienen como función principal prevenir el colapso del hoyo durante las operaciones de perforación y aislar el pozo de las formaciones y de los fluidos contenidos por las mismas [3]. Adicionalmente la sarta de revestimientos minimiza el daño que puede sufrir el subsuelo y la contaminación de yacimientos de agua dulces, aprovechables para uso domestico o

industrial. La sarta de revestimientos provee un canal de alta resistencia para el fluido de perforación cuando este se dirige hacia la superficie y en conjunto con las válvulas impide-reventones permite un control seguro de las presiones de la formación.

A medida de que aumenta la profundidad de un pozo también aumenta el número y tamaños de tuberías de revestimientos necesarias para perforar y completar el pozo exitosamente. El programa de revestimientos se ha convertido en una de las partes más caras de un programa de perforación [3]. En la Figura 1.50 se muestran varios programas de revestimientos típicamente usados.

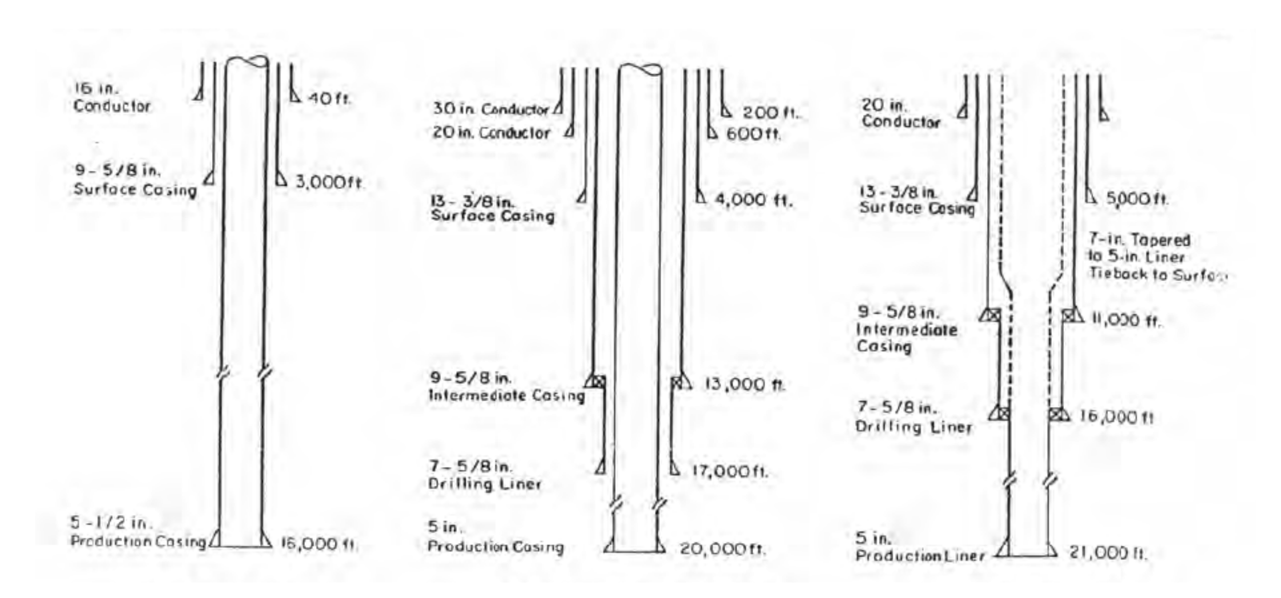


Figura 1.50 – Programas de revestimientos típicamente usados [3].

1.4.1. Clasificación de las sartas de perforación

1.4.1.1. Revestimiento Conductor

Su longitud es más corta que la de los otros revestimientos y por ser la primera a cementarse es el de mayor diámetro. Se usa para poder circular fluido de perforación sin erosionar los sedimentos que se encuentran debajo del taladro y en las bases del mismo cuando se inician las operaciones de perforación, además puede ser usado para soportar estructuralmente parte de la carga aplicada al cabezal del pozo [3]. El revestimiento conductor soporta y protege de corrosión las tuberías de revestimiento subsiguientes.

1.4.1.2. Revestimiento Superficial

El revestimiento superficial evita el derrumbe de sedimentos cercanos a la superficie que no están consolidados y protege los yacimientos superficiales de agua dulce de contaminación. En el

caso de una arremetida, el revestimiento superficial será el que cerraran las válvulas impide-reventones para contener el flujo desde el pozo. El revestimiento superficial soporta y protege de corrosión las tuberías de revestimientos subsiguientes [3].

1.4.1.3. Revestimiento Intermedio

Los revestimientos intermedio se usa en pozos más profundos que penetran formaciones anormalmente presionadas, secciones de esquistos inestables o secciones de sal [1]. Los revestimientos intermedios es necesario para proteger las formaciones de las presiones requeridas de los fluidos de perforación de alta densidad. El uso de revestimientos intermedios puede ser requerido después de atravesar una zona problemática de pérdida de circulación [3].

1.4.1.4. Liner

Los liner son tuberías de revestimiento que no se extienden hasta la superficie sino que están suspendidas de la parte inferior del grupo de tuberías de revestimiento anterior. La ventaja principal de los liners es su bajo costo, aunque a veces surgen problemas de sellado en el colgador. Un liner es similar a un revestimiento en el sentido de que se usa para aislar zonas problemáticas del pozo [3].

1.4.1.5 Revestimiento de Producción y Liner de Producción

Los revestimientos de producción se cementan en el intervalo productivo del pozo. Esta tubería de revestimiento ofrece protección para el medio ambiente en caso de que se presente una falla con las tuberías durante las operaciones de producción. Adicionalmente, permite que la tubería de producción sea cambiada o reparada en el futuro [1].

También existen los Liner de Producción, estos son colocados en la zona productiva del pozo. Los Liner de Producción se conectan al cabezal del pozo usando un Tie-Back, esto cuando el pozo ya esta completado. Liner de Producción con Tie-Back son de gran ventaja cuando se planea una fase exploratoria por debajo de la zona productiva [3].

CAPÍTULO II
CÁLCULO DE LA POTENCIA MÍNIMA PARA LA ACEPTACIÓN DEL MALACATE Y LAS BOMBAS DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

La compañía SILSO desea comprobar la existencia de gas en un pozo (TerrGas-1) y verificar si el mismo es lo suficientemente productivo para justificar la completación de la perforación. Para esto SILSO encarga a la compañía Brammer Engineering, Inc. con la programación y a ODS con la supervisión de la misma. El servicio de perforación de Brammer incluye la selección del taladro adecuado para la perforación de dicho pozo (14.200 ft TVD, true vertical depth), sin embargo los costos de adquirir un taladro son muy altos, además del riesgo que representa la adquisición de un taladro bajo ciertas condiciones que no se adapten a futuras perforaciones que se le encarguen a la empresa. Ante tal situación, Brammer decide contratar un taladro, pero para esto debe proveer a la compañía que alquila el taladro la potencia mínima del malacate y de las bombas que debe tener el mismo. ODS estando a cargo de la supervisión del proyecto debe revisar que los equipos especificados por Brammer cumplan los requisitos mínimos de aceptación.

2.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA MÍNIMA DEL MALACATE

Para poder determinar la potencia mínima necesaria para la aceptación del malacate se debe determinar cuál será el máximo peso que deberá izar el mismo durante las actividades de perforación, solo se considera al peso a izar por el malacate debido a que el movimiento rotacional de la sarta de perforación será impartido por un Top Drive.

Para el cálculo teórico de la potencia mínima del malacate se debe hacer un diseño completo del sistema de levantamiento del taladro, esto incluye, suponer el número de líneas del bloque viajero, que tipo de cable se usara en la línea rápida, tipo de cable de la línea muerta, velocidad de las líneas, etc. Debido a la poco practicidad de este método, y a que está escrito para usarse después de la selección del taladro, las compañías han implementado una serie de estándares propios que les permitan estimar el taladro necesario para una perforación específica. Esta generalización del cálculo se debe a que económicamente es inviable fabricar un taladro para cada perforación.

Por estándar el máximo peso que soportara el malacate se presenta en el momento en el que se encuentre bajando los revestimientos hacia el interior del pozo, es por esto que se debe determinar el peso de los mismos. Los revestimientos se clasifican según diámetro (interno y externo), profundidad y densidad lineal. Multiplicar la densidad lineal por la profundidad del revestimiento permite determinar el peso del mismo. Una vez determinado los pesos se podrán seleccionar el más pesado de ellos.

A pesar de que para introducir los revestimientos es necesario sacar la sarta de perforación del hoyo, se debe dejar fluido de perforación principalmente para evitar el colapso del mismo. Adicionalmente a esto, el fluido de perforación también ejerce un empuje sobre el revestimiento, aligerando un poco la carga que soporta el malacate, se puede decir, que el revestimiento flota. A esta característica de los fluidos de perforación se le conoce como factor de flotabilidad y depende del peso del fluido.

Además de soportar a las tuberías de revestimiento el malacate debe soportar el peso del bloque viajero y del top drive. Por lo que es esencial determinar el peso de estos, por ser parte del total que debe levantar el malacate. En la Figura 2.1 se muestra un esquema del conjunto mlacate-bloque al que se le aplica una carga "W" y un indicador de carga. Es la carga "W" la que representa el peso del Top-Drive y el de las tuberías de revestimiento que se estén viajando al interior del pozo.

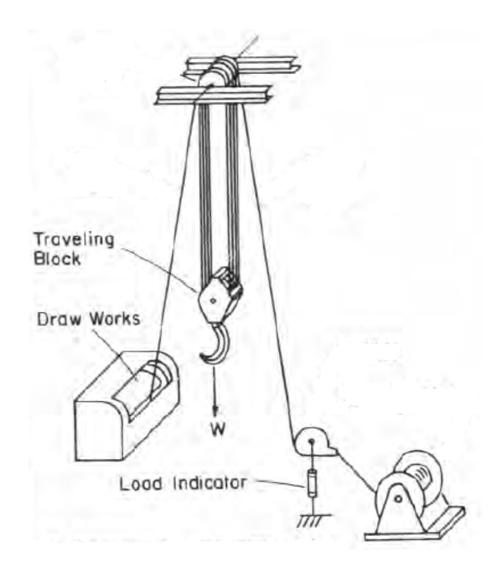


Figura 2.1 – Esquema del conjunto malacate-bloque viajero con una carga "W" [3].

Una vez determinada cual será la tubería de revestimiento más pesada, esta se debe evaluar en los casos más críticos. El caso más crítico será el momento en el que el hoyo quede vacio, sin fluido de perforación, y toda la tubería de revestimiento quede suspendida solamente que del malacate. Por el contrario, el menos crítico es cuando el hoyo se encuentre repleto de fluido de perforación, lo que ayudara al malacate con la carga de la tubería de revestimiento. Este último caso se evalúa multiplicando el peso de la tubería de revestimiento suspendida en el aire por el factor de flotabilidad.

Una vez se obtenga el peso que el malacate debe levantar para cada caso, se le deben sumar el peso del bloque viajero y el del top drive para poder obtener el peso total que debe levantar el malacate y proseguir con el cálculo de la potencia mínima que debe tener el mismo.

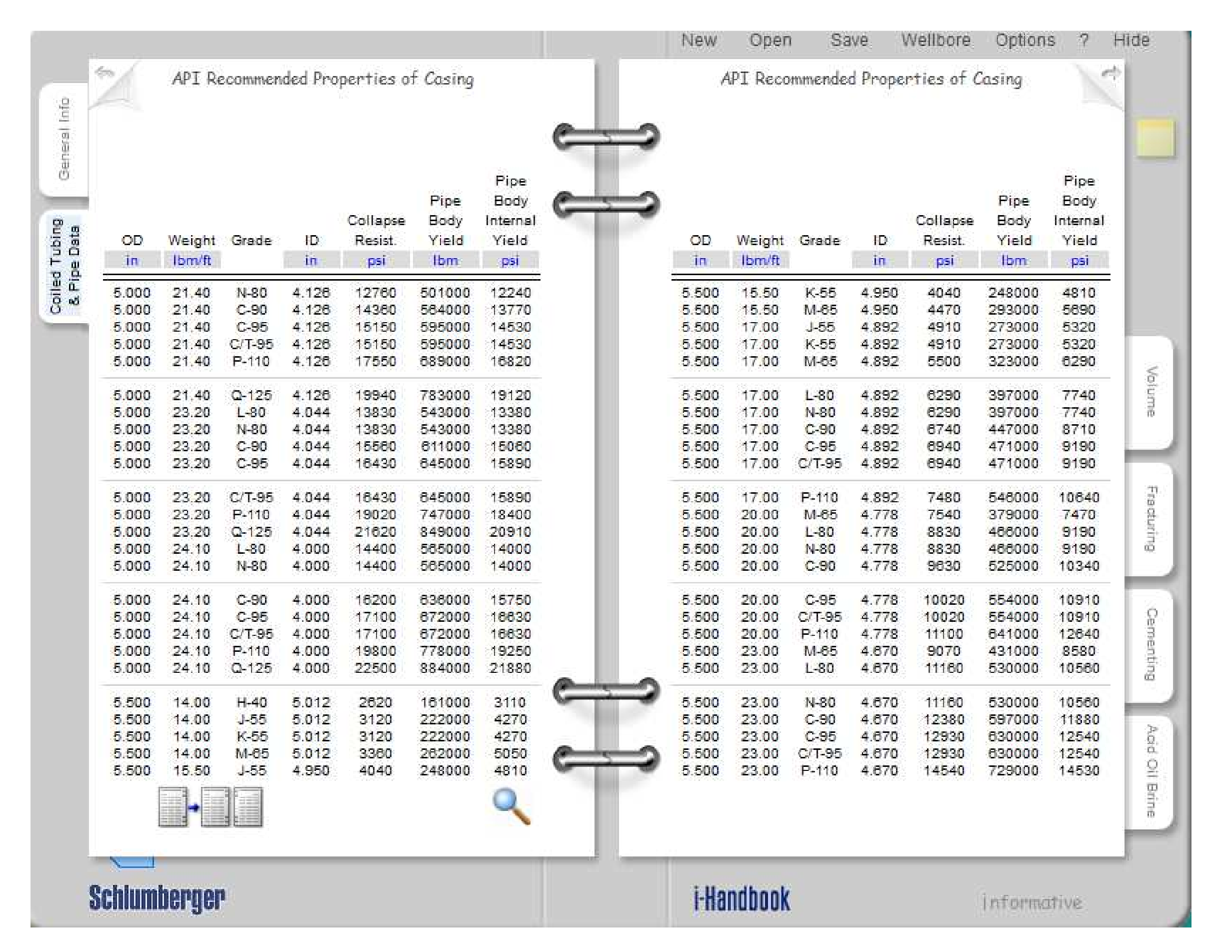
El cálculo de la potencia mínima de aceptación del malacate queda entonces dividida en las siguientes actividades:

1. Determinar la densidad lineal de los Casings, la profundidad de cada uno y peso.
2. Determinar los fluidos de perforación con su factor de flotabilidad.
3. Determinar el peso del top drive y del bloque.
4. Determinar el peso total sobre el gancho para la selección del malacate.
5. Determinar la potencia mínima requerida del malacate.

Actividad # 1:

Se leerán los datos necesitados de los revestimientos del resumen de perforación y producción del resumen de la reunión de los miembros de la junta directiva (Refiérase al Anexo A). Dichos datos también se pueden encontrar en los handbooks (manuales) de las compañías de servicio, como por ejemplo: Halliburton y Schlumberger. Los handbooks de estas compañías se pueden obtener gratuitamente en internet. En la Figura 2.2 se muestra una ventana del i-Handbook de Schlumberger donde se pueden leer los datos de los revestimientos de 5½" según su grado.

El peso de los revestimientos vendrá dado por multiplicar su densidad lineal con la profundidad que tienen, es decir, su longitud. Es necesario tener en cuenta que el pozo es direccional por lo que el cálculo se debe hacer con la profundidad medida (MD) y no con la profundidad vertical (TVD), esto se debe a que el pozo es atacado lateralmente y por esto la profundidad de la perforación es mayor a la profundidad real del yacimiento.



API Recommended Properties of Casing

OD (in)	Weight (lbm/ft)	Grade	ID (in)	Collapse Resist. (psi)	Pipe Body Yield (lbm)	Pipe Body Internal Yield (psi)
5.000	21.40	N-80	4.126	12760	501000	12240
5.000	21.40	C-90	4.126	14360	564000	13770
5.000	21.40	C-95	4.126	15150	595000	14530
5.000	21.40	C/T-95	4.126	15150	595000	14530
5.000	21.40	P-110	4.126	17550	689000	16820
5.000	21.40	Q-125	4.126	19940	783000	19120
5.000	23.20	L-80	4.044	13830	543000	13380
5.000	23.20	N-80	4.044	13830	543000	13380
5.000	23.20	C-90	4.044	15560	611000	15060
5.000	23.20	C-95	4.044	16430	645000	15890
5.000	23.20	C/T-95	4.044	16430	645000	15890
5.000	23.20	P-110	4.044	19020	747000	18400
5.000	23.20	Q-125	4.044	21620	849000	20910
5.000	24.10	L-80	4.000	14400	565000	14000
5.000	24.10	N-80	4.000	14400	565000	14000
5.000	24.10	C-90	4.000	16200	636000	15750
5.000	24.10	C-95	4.000	17100	672000	16630
5.000	24.10	C/T-95	4.000	17100	672000	16630
5.000	24.10	P-110	4.000	19800	778000	19250
5.000	24.10	Q-125	4.000	22500	884000	21880
5.500	14.00	H-40	5.012	2620	161000	3110
5.500	14.00	J-55	5.012	3120	222000	4270
5.500	14.00	K-55	5.012	3120	222000	4270
5.500	14.00	M-65	5.012	3360	262000	5050
5.500	15.50	J-55	4.950	4040	248000	4810

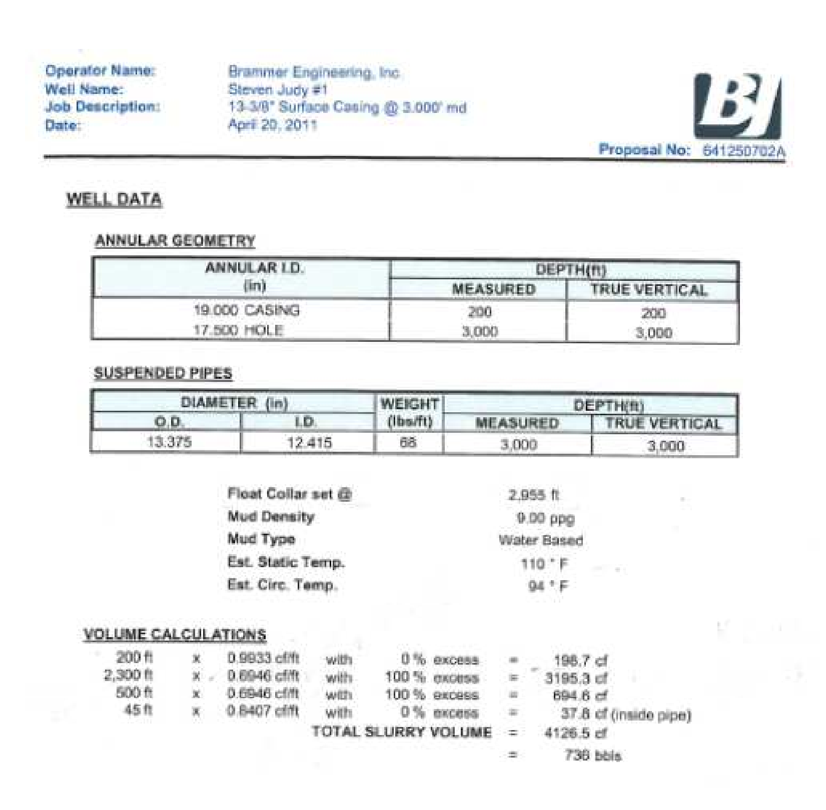
API Recommended Properties of Casing

OD (in)	Weight (lbm/ft)	Grade	ID (in)	Collapse Resist. (psi)	Pipe Body Yield (lbm)	Pipe Body Internal Yield (psi)
5.500	15.50	K-55	4.950	4040	248000	4810
5.500	15.50	M-65	4.950	4470	293000	5690
5.500	17.00	J-55	4.892	4910	273000	5320
5.500	17.00	K-55	4.892	4910	273000	5320
5.500	17.00	M-65	4.892	5500	323000	6290
5.500	17.00	L-80	4.892	6290	397000	7740
5.500	17.00	N-80	4.892	6290	397000	7740
5.500	17.00	C-90	4.892	6740	447000	8710
5.500	17.00	C-95	4.892	6940	471000	9190
5.500	17.00	C/T-95	4.892	6940	471000	9190
5.500	17.00	P-110	4.892	7480	546000	10640
5.500	20.00	M-65	4.778	7540	379000	7470
5.500	20.00	L-80	4.778	8830	466000	9190
5.500	20.00	N-80	4.778	8830	466000	9190
5.500	20.00	C-90	4.778	9630	525000	10340
5.500	20.00	C-95	4.778	10020	554000	10910
5.500	20.00	C/T-95	4.778	10020	554000	10910
5.500	20.00	P-110	4.778	11100	641000	12640
5.500	23.00	M-65	4.670	9070	431000	8580
5.500	23.00	L-80	4.670	11160	530000	10560
5.500	23.00	N-80	4.670	11160	530000	10560
5.500	23.00	C-90	4.670	12380	597000	11880
5.500	23.00	C-95	4.670	12930	630000	12540
5.500	23.00	C/T-95	4.670	12930	630000	12540
5.500	23.00	P-110	4.670	14540	729000	14530

Figura 2.2 – Ventana del i-Handbook de Schlumberger donde se muestran los datos de los revestimientos de 5½" según su grado (Disponible en www.slb.com)

Actividad # 2:

Los fluidos de perforación y su peso se pueden leer en el resumen de perforación y producción de la reunión de de la junta directiva (Refiérase al Anexo A). El programa de perforación puede estar a cargo de compañías externas, si ese es el caso, a dicha compañía se le debe pedir que especifique los fluidos de perforación a usar y su densidad o peso. En la Figura 2.3 se muestra una propuesta del programa de cementado de Brammer Eng. donde se especifica el tipo de fluido de perforación y su densidad (peso) para un revestimiento superficial de 13⅜".



Operator Name: Brammer Engineering, Inc
Well Name: Steven Judy #1
Job Description: 13-3/8" Surface Casing @ 3.000' md
Date: April 20, 2011

Proposal No: 641250702A

WELL DATA

ANNULAR GEOMETRY

ANNULAR I.D. (in)	DEPTH(ft)	
	MEASURED	TRUE VERTICAL
19.000 CASING	200	200
17.500 HOLE	3,000	3,000

SUSPENDED PIPES

DIAMETER (in)		WEIGHT (lbs/ft)	DEPTH(ft)	
O.D.	I.D.		MEASURED	TRUE VERTICAL
13.375	12.415	68	3,000	3,000

Float Collar set @ 2,955 ft
Mud Density 9.00 ppg
Mud Type Water Based
Est. Static Temp. 110 ° F
Est. Circ. Temp. 94 ° F

VOLUME CALCULATIONS

200 ft	x	0.9933 cf/ft	with	0 % excess	=	198.7 cf
2,300 ft	x	0.6946 cf/ft	with	100 % excess	=	3195.3 cf
500 ft	x	0.6946 cf/ft	with	100 % excess	=	694.6 cf
45 ft	x	0.8407 cf/ft	with	0 % excess	=	37.8 cf (inside pipe)
				TOTAL SLURRY VOLUME	=	4126.5 cf
					=	736 bbls

Figura 2.3 – Fragmento del programa de cementado para una revestimiento de 13⅜”.

Para calcular el factor de flotación (BF, Bouyancy Factor) del gel de agua se utilizo la ecuación 2.1 extraída del manual técnico de Kelco Rotary [16].

$$BF = 1 - (mudwt \times 0{,}015) \quad 2.1$$

En la ecuación 2.1 el término $mudwt$ es el peso del lodo de perforación a usar en ppg (lb/gal).

Actividad # 3:

Una vez obtenido el factor de flotación se puede calcular el peso de los revestimientos cuando hay lodo de perforación dentro del hoyo, multiplicando el factor de flotación por el peso del revestimiento en el aire [17], a este peso se le conoce como peso húmedo. El peso en aire es el obtenido en la Actividad # 1.

Se revisa cual de los revestimientos será el más pesado, indistintamente del caso (en el aire o húmedo). Para el peso de selección se usa el del revestimiento intermedio [2], pero igual se debe tener precaución en vista de casos especiales.

Actividad # 4:

Se procede a evaluar el peso del bloque, el Top Drive y el revestimiento más pesado en conjunto. Esto se hace sumando ambos casos para el revestimiento en conjunto al top drive y el bloque. Se recuerda que el caso de revestimiento húmedo es el peso en el aire multiplicado por el factor de flotación. Para el cálculo de la potencia mínima del malacate se debe seleccionar el mayor peso entre ambos casos (En el aire o Húmedo).

Actividad # 5:

Una vez calculado el mayor peso, se pasa a determinar la potencia mínima requerida del malacate. El cálculo se hizo siguiendo el procedimiento de operación estándar para operaciones de perforación de la empresa Pertamina [2], debido a que estos estándares son, excepto en casos puntuales, aceptados internacionalmente.

En el procedimiento se estipula que usando la ecuación 2.2 se calcule la potencia mínima requerida por el gancho y luego se calcule la potencia mínima de aceptación del malacate con la ecuación 2.3.

$$HookHP = \frac{W \times S}{33.000 \frac{\frac{ft\,lb}{min}}{Hp}} \quad 2.2$$

$$IHPDrawwork = \frac{HookHP}{EbxEmxEt} \quad 2.3$$

Donde W, en libras, es el peso del bloque más el del top drive y el del revestimiento más pesado, S es la velocidad mínima de izamiento (60 ft/min), 33.000 lb ft/min/Hp es un factor de conversión de unidades, Eb es la eficiencia del bloque (normalmente se usa 80%), Em es la eficiencia mecánica del malacate (normalmente se usa 80%) y Et es la eficiencia de la transmisión (normalmente se usa 70%).

El $IHPDrawwork$ es la potencia mínima que debe tener el malacate ofrecido para poder aceptarlo en el taladro, es por esta razón que también se usa la velocidad mínima de izamiento y se debe seleccionar la mayor potencia entre los casos secos y húmedos.

2.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS DE LODO

El cálculo de la potencia mínima requerida de las bombas se basa en el mayor plan de potencia hidráulica del programa de la trayectoria de perforación. Comúnmente para este cálculo se usan

los parámetros hidráulicos para el hoyo de 17 1/2" (por ser el de mayor diámetro) que son un caudal de 900 GPM y una presión de 2500 psi, esto siguiendo los estándares de la empresa Pertamina [2]. Se debe revisar el plan hidráulico del pozo antes de determinar la potencia de las bombas, debido a que si en el mismo el caudal requerido o el diferencial de presión son mayores a los valores estándar, estos últimos se deben sustituir por los mayores del plan. La potencia mínima calculada representa el 85% de la potencia requerida de la bomba, aunque no se debería hacer circular más del 80% de la capacidad de la bomba en ninguna de las trayectorias de perforación [2].

El cálculo de la potencia mínima se hace de acuerdo con el procedimiento estándar establecido por la compañía Pertamina [2], donde se utiliza primero la ecuación 2.4 y luego la 2.5 para poder saber cuál es la potencia mínima de aceptación requerida para las bombas de circulación.

$$HHP = \frac{Q \times P}{1714} \quad 2.4$$

$$IHP = \frac{HHP}{Em \times Ev} \quad 2.5$$

Para la ecuación 2.4, HHP es el caballaje hidráulico teórico de las bombas, Q es el caudal en GPM, P es la presión de descarga en psi y 1.714 es constante de conversión de unidades [2].

Para la ecuación 2.5, IHP es la potencia mínima requerida de las bombas, HHP es el caballaje hidráulico (que se obtuvo con la ecuación 2.4), Em es la eficiencia mecánica de la bomba y Ev es la eficiencia volumétrica de la bomba.

Para bombas nuevas se utiliza 90% de eficiencia mecánica y 95% de eficiencia volumétrica, es por esto que estos cálculos se deben revisar regularmente [2].

2.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la Figura 2.4 se muestra un esquema del programa de revestimientos a usarse en el pozo TerrGas-1 (refiérase al Anexo A). En dicho esquema se puede apreciar que adicionalmente a la información de los revestimientos también se incluye la información de los fluidos de perforación y notas sobre la perforación del pozo.



Figura 2.4 – Cronograma de revestimientos y sistema de lodo (Anexo A)

En la Tabla 2.1 se ven reflejados los datos de los diferentes revestimientos: densidad, profundidad, peso y número de tubos. Para calcular el número de tubos se divide la profundidad de la sarta de revestimientos entre la longitud de los tubos a usar. Por motivos económicos no se había decido la longitud de las tuberías de revestimiento a usar por lo que para calcular el número de tubos se supuso una longitud de 30 ft, longitud que entra dentro del primer rango de la clasificación de revestimientos de la norma API-5CT .

En la Tabla 2.2 están registradas las características de los fluidos de perforación para cada uno de los revestimientos: el nombre del fluido a usarse mientras se perfora cada tramo del pozo, su peso y su factor de flotabilidad (calculado lo con la ecuación 2.1). Para cada tramo del pozo, el fluido usado durante la perforación será el mismo usado mientras se viaje el revestimiento.

Tabla 2.1 – Características de los Revestimientos.

Revestimiento	Grado API	Densidad [lb/ft]	Profundidad [ft]	Peso [Ton]	Número de Tubos
13 ⅜”	J-55	68	3000	102	1000
9 ⅝”	P-110	53,5	11870	318	396
Liner 5 ½”	P-110	23	14470	166	482
T-B 5 ½”	P-110	23	11570	133	386

Tabla 2.2 – Característica de los fluidos de perforación por revestimiento

Revestimiento	Fluido	Peso del Fluido [ppg]	Factor de Flotabilidad
13 ⅜”	Base-Agua	9	0,865
9 ⅝”	Gel de Agua	12,5	0,813
Liner 5 ½”	Lignosulfonato	17	0,745
T-B 5 ½”	Lignosulfonato	17	0,745

Los fluidos de perforación a base de agua están recomendados para zonas de bajas presiones de formación y libres de problemas. Debido a que la fase continua de estos fluidos es agua estos son abundantes, económicos pero muy sensibles a las contaminaciones. Los fluidos de perforación a base de agua pueden contener aditivos como el Lignosulfonato. El lignosulfonato es un polímero orgánico, subproducto de la manufactura de papel de la pulpa de madera, que se usa para controlar el filtrado y aumentar la estabilidad térmica [18].

El uso de fluidos a base de agua y lignosulfonato se debe a que estos son de bajo impacto ambiental y que para el momento de la programación no se habían detectado problemas para el tramo de la sarta de revestimiento superficial, como se puede apreciar en la Figura 2.4. La perforación del pozo TerrGas-1 estará bajo constante supervisión del cuerpo de ingenieros de Estados Unidos. Dicho cuerpo de ingenieros del ejército es el órgano autorizado para emitir una serie de permisos necesarios para poder llevar a cabo la perforación y una de las condiciones para emitir dichos permisos fue mantener el impacto ambiental en un mínimo. Esta razón es la misma por la que el pozo será un direccional tipo “S”, para poder explotar el yacimiento desde una zona cercana a los limites de los pantanos del estado de Louisiana.

El Top Drive a usarse para la perforación del pozo TerrGas-1 será uno de marca TESCO modelo 500/650 HCI 750, con un peso de 19,300 lb. La selección de este Top Drive se debe a que el torque máximo capaz de impartir está por encima del rango mínimo recomendado por el departamento de proyectos, la relación costo-torque fue la mejor entre los equipos examinados, su instalación completa (incluyendo unidades de potencia y torque) se puede realizar en menos de un día y la previa experiencia de los ingenieros de ODS utilizando este equipo.

En la Tabla 2.3 se muestra el peso del revestimiento con Top Drive que se usa como base para la selección del bloque viajero.

Tabla 2.3 – Peso del revestimiento con el Top Drive.

	Peso Revestimiento + Top Drive [Ton]	
Revestimiento	Pozo con Fluido	Pozo Seco
13 ⅜”	112	98
9 ⅝”	327	268
Liner 5 ½”	176	134
T-B 5 ½”	143	109

Por motivos económicos no se decidió cual era el bloque a usarse en la perforación del pozo TerrGas-1, pero entre las opciones manejadas por ODS se encuentra un IDECO de 23,000 lb. El peso de este bloque fue el utilizado para el cálculo de la potencia mínima requerida del malacate por ser el mayor entre las alternativas manejadas por la compañía.

Una vez adicionado el peso del bloque al peso de los revestimientos con el Top Drive, se procedió a realizar una hoja de cálculo en Microsoft Excel capaz de determinar de la potencia del malacate para las distintas profundidades de revestimiento (Refiérase al Anexo B). En la Figura 2.5 se muestra un fragmento de dicha hoja de cálculo donde se determina la potencia para el revestimiento de 9⅝”.

	A	B	C	D	E	F	G
28							
29		**CALCULOS**					
30		**a) Condición: Pozo seco**					Wa [Ton]
31		Wa: Peso Total sobre el Gancho		Wa [lb] =	678345		339
32							
33		**b)Condición: Pozo lleno con fluido de perforación**					Wb [Ton]
34		Wb: Peso Total sobre el Gancho		Wb [lb] =	551155		276
35							
36		**POTENCIA DEL MALACATE**					
37							
38			**Pozo Seco**	**Pozo con Fluido**			
39		**Potencia del Gancho [Hp]**	1233	1002			
40		**Potencia del Malacate [Hp]**	2447	1988			
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							

13 3-8 | 9 5-8 | Liner 5 1-2 | Tie-Back 5 1-2 | Potencia Vs. Profundidad | Datos Gráfico | Potencia

Figura 2.5 – Fragmento de la hoja de cálculo donde se determina la potencia del malacate durante el viaje del revestimiento de 9⅝".

En la Tabla 2.4 se pueden apreciar los resultados obtenidos de la hoja de cálculo, mientras que en la Figura 2.6 se puede observar como varia la potencia del malacate de acuerdo con la profundidad del pozo.

Tabla 2.4 – Potencia requerida del malacate por revestimiento.

	Potencia [Hp]	
Revestimiento	Pozo sin fluido	Pozo con fluido
13 ⅜"	892	772
9 ⅝"	2447	1988
Liner 5 ½"	1357	1011
T-B 5 ½"	116	832

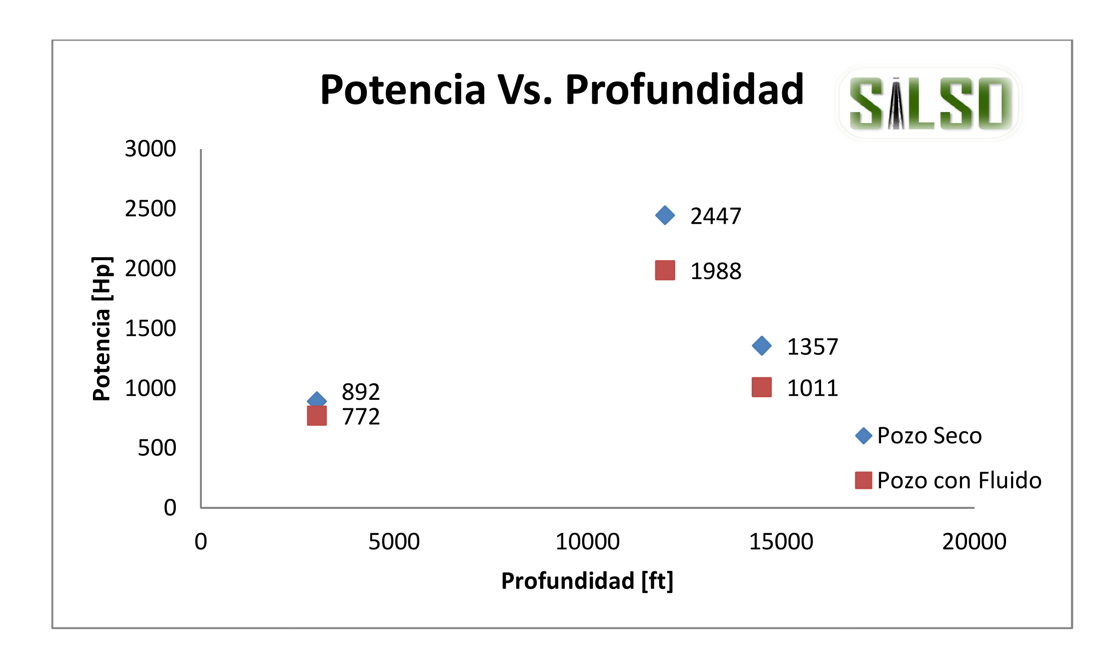


Figura 2.6 – Variación de la Potencia del Malacate con la Profundidad.

En la Figura 2.6 se observa que el máximo requerimiento de potencia del malacate ocurre mientras se está viajando el revestimiento de 9⅝" y el pozo se encuentre seco. El cálculo de la hoja de Microsoft Excel y la Figura 2.5 muestran que la potencia requerida seria de 2.447 Hp, es decir, que la potencia mínima requerida para poder aceptar el taladro debe ser de 2.500 Hp. Era de esperarse que la máxima potencia requerida por el malacate ocurriera durante el viaje del revestimiento de 9⅝" debido a que a pesar de que no es el revestimiento de mayor densidad (El revestimiento de 13⅜" tiene una densidad de 68 lb/ft mientras que el de 9⅝" tiene una densidad de 53,5 lb/ft) si es el de mayor peso, esto se debe a que es uno de los revestimientos más profundos (11.570 ft MD) y tendría un peso total de 318 Ton haciéndolo el revestimiento más pesado.

En el Anexo B, se puede observar que se hizo el cálculo de la potencia requerida por el malacate durante el viaje del Tie-Back de 5½" pero dicha potencia no se ve reflejada en la Figura 2.5, esto se debe a que el Tie-Back va ubicado por encima del revestimiento de 5½" y solo se viajara hasta el fondo del pozo si este resulta productivo. Después de viajar y cementar el revestimiento de 5½" se bajar el cañón y se perforara el mismo, si resulta que el pozo es productivo a esa profundidad se viaja el Tie-Back, si no lo es se colocara un tapón y se cañonea a otra profundidad hasta conseguir la profundidad productiva del pozo y luego bajar el Tie-Back. Este procedimiento se realiza de esta forma por razones económicas a la hora de perforar el

revestimiento, es más económico y de menos complicaciones tener que perforar una sola capa de revestimiento, mientras que si el Tie-Back se viaja antes de comprobar la productividad del pozo al momento de llevar a cabo el cañoneo se deben atravesar dos capas de revestimiento. Esta también es la razón por la que se usara un revestimiento y un Tie-Back de 5½" y no un solo revestimiento de 5½" para todo el pozo.

Como se menciono, los cálculos de la mínima potencia requerida por el malacate para aceptar el taladro se hicieron considerando el escenario más crítico, que es que el pozo se quede sin fluido de perforación y el malacate deba sostener todo el peso del revestimiento de 9⅝". Sin embargo, que el pozo se quede sin fluido es casi imposible durante las operaciones de perforación, debido a que el taladro debe estar dotado de válvulas impide-reventones diseñadas para evitar cambios bruscos de presión dentro del pozo y en caso de que estas fallen el personal encargado del taladro tiene métodos para activar los sistemas de seguridad manualmente. Es por esto que el taladro en cuestión puede ser aceptado con una potencia de 1.988 Hp (mínima potencia requerida en el caso de pozo con fluido) que se llevara a 2.000 Hp. Este es un riesgo que asume la compañía encargada de la perforación y se basara principalmente en la disponibilidad del taladro y el costo del mismo. Tanto la disponibilidad inmediata de un taladro de 2.000 Hp y una gran diferencia de costos entre alquilar un taladro de 2.500 Hp y uno de 2.000 Hp forzara a la compañía encargada de la perforación a optar por el segundo taladro y correr con los riesgos que implica usar un malacate que no podrá soportar el peso del revestimiento más pesado en el caso de que el pozo se vacíe y quede sin fluido de perforación que aligere la carga al malacate.

En el caso de las bombas se encontró que la potencia mínima de aceptación es 1.600 Hp pero al igual con el malacate, esta potencia está sobredimensionada debido a que la presión utilizada para el cálculo es la mayor que se debe bombear hacía el pozo al igual de que el caudal será el mayor a bombearse, es por esto que un taladro con un sistema de circulación cuya potencia sea cercana a los 1.600 Hp será aceptable. En la Figura 2.7 se muestra un fragmento de la hoja de Microsoft Excel que calcula la potencia requerida de las bombas.

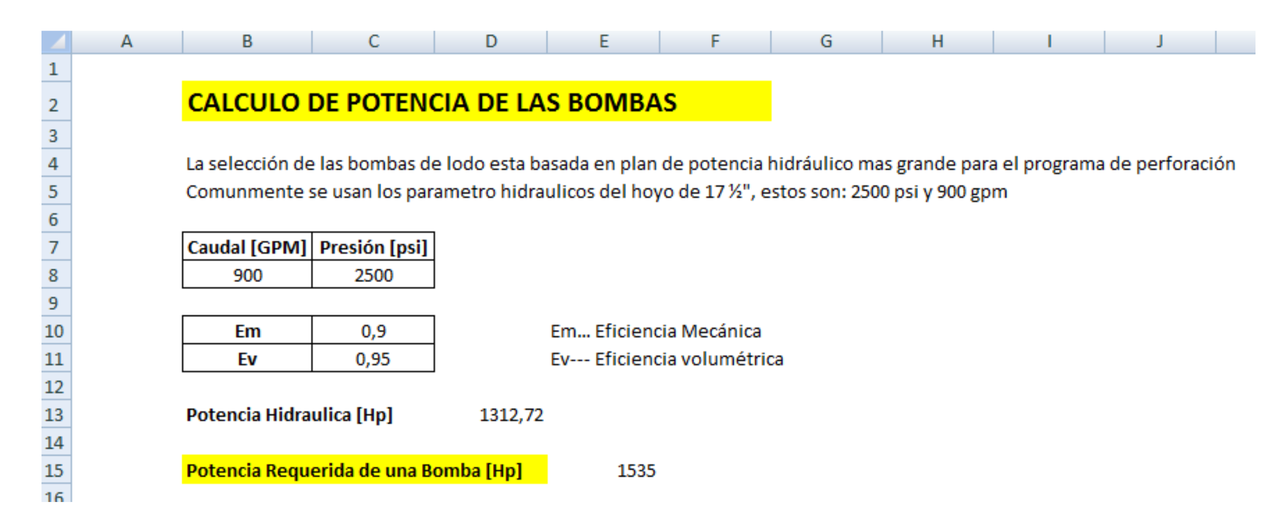


Figura 2.7 – Fragmento de la hoja de cálculo donde se determina la potencia requerida de las bombas de lodo (Anexo B).

Se debe considerar que en los estándares de Pertamina ([2]) se hace un ejemplo del cálculo de la bomba y se menciona que se necesitan dos bombas operacionales y una de respaldo, este punto es debatible debido a que con una bomba operacional y otra de respaldo se podrán llevar a cabo las operaciones de perforación. Por lo tanto el aspecto económico volverá a ser la base para decidir si se debe tener un taladro con tres bombas (dos operacionales y una de respaldo) o con dos bombas (una operacional y otra de respaldo). Al momento de tomar esta decisión se debe tener en cuenta que la potencia requerida de las bombas es el 85% de la calculada, por lo que se cuenta con un margen de error importante que puede ser usado en caso de ser necesario, a pesar de que (como se menciono anteriormente) se recomiende lo contrario.

CAPÍTULO III
PRE-INSPECCIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN

Para poder presentar el proyecto a los inversionistas SILSO debe tener una lista de taladros disponibles y capaces de perforar el pozo TerrGas-1, esto se debe a que los costos de alquiler y transporte de cada taladro es diferente y se deben exponer varias opciones a los inversionistas para llevar la lista a un mínimo de taladros y luego poder realizar las inspecciones de rutinas. SILSO encarga a ODS a que envíe una comisión que acompañe al Ingeniero Billy Ray Suggs de Brammer Engineering a una Pre-Inspección del taladro E-759 de la compañía ENSIGN.

3.2. ACTIVIDADES REALIZADAS

La pre-inspección de un taladro de perforación, como su nombre lo indica, es una inspección corta y visual, en la cual se verifican rápidamente las características de los equipos mayores del taladro sin realizar una exhaustiva revisión operacional de los mismos. Una pre-inspección se realiza cuando una compañía necesita tener las características generales que permiten clasificar un taladro en tipo A, B, C, D o E, según la Tabla 1.2, pero no tiene los recursos humanos, económicos o el tiempo suficiente para realizar una inspección operacional. Como se estipula en la Tabla 1.2, para poder clasificar un taladro de perforación se necesita conocer la capacidad de la torre (carga capaz de soportar), la potencia del malacate y las bombas, la capacidad del tanque de lodo y la presión de operación de las válvulas impide-reventones. Adicionalmente se puede revisar cualquier otra información que solicite la compañía interesada en la pre-inspección.

La capacidad de la torre, la potencia del malacate, la potencia de las bombas y la presión de operación de las válvulas impide-reventones se puede obtener por la lectura de la placa de los equipos o pidiendo los certificados al personal encargado de la operación y mantenimiento del taladro. Los certificados que se pidan deben ser fotocopiados o enviados electrónicamente a las oficinas para tener una constancia de la veracidad de los datos.

El personal encargado de la pre-inspección debe verificar rápidamente el taladro para cerciorarse de primera mano del estado y presencia de dichos equipos. Cualquier otra observación que pueda hacer el equipo con respecto al estado del taladro o alguno de sus sistemas será de provecho para la compañía interesada en la pre-inspección. Como guía para estas observaciones extras se puede tomar una lista de inspección como la de la Asociación de contratistas de perforación de Namibia (Refiérase al Anexo C). En la Figura 3.1 se puede observar un fragmento de la mencionada lista de inspección.

G	PROTECCIÓN DE LA MAQUINARIA						
G1	¿Todas las partes calientes o móviles de la maquinaria están resguardadas?						
G2	¿Los resguardas están en buenas condiciones?						
G3	¿Los ejes rotatorios o de ascenso y descenso, que puedan causar lesiones, resguardados?						

Figura 3.1 – Fragmento de la lista de inspección semanal de la Asociación de Contratistas de perforación de Namibia [19].

Para el sitio de perforación no se debe llevar una lista a cumplir debido a que se podría intimidar al personal encargado de la perforación. Para lograr una pre-inspección rápida y exitosa se debe contar con la colaboración del personal que este en sitio, es por esto que se recomienda hacer una lectura rápida de una lista de inspección antes de llegar al sitio de perforación, realizar la pre-inspección y luego de la misma anotar las observaciones que se hayan realizado. Tomar fotografías también intimidara al personal en el taladro, por lo que se debería evitar, o de ser posible, realizarlas fotografías de manera discreta.

3.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

La inspección se llevo a cabo en una perforación en condado de San Augustine, Texas, Estados Unidos. La inspección fue realizada en presencia de James Fonterberry (Superintendente del taladro de Ensign) y Lewis Thompson (Jefe de herramientas de Ensign).

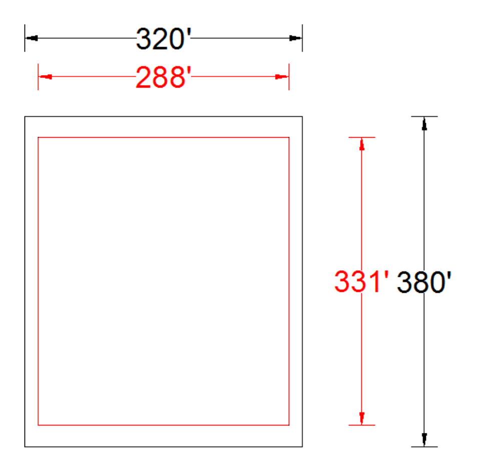
El sitio de perforación del taladro E-759 se encontraba en buenas condiciones, como se puede apreciar en la Figura 3.2, la tierra compactada, nivelada y clara, lo que indica que no hubo ningún derrame encima de la misma.



Figura 3.2 – Sitio de perforación del taladro E-759.

En el caso específico del pozo TerrGas-1 se necesitaba saber el espacio necesario para desplegar el taladro inspeccionado. Esto era necesario para poder determinar si el espacio disponible en el sitio de taladrado del pozo TerrGas-1 era suficiente para desplegar el taladro E-759. Las limitaciones de espacio del pozo TerrGas-1 se deben a que es necesario cumplir con las indicaciones de impacto ambiental del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos.

Se verifico que el área necesaria para desplegar el taladro E-759 es de 95.328 ft^2 (de acuerdo al superintendente) en un rectángulo de 288 ft x 331 ft, mientras que el sitio de perforación aprobado en el pozo TerrGas-1 tiene un área de 121.600 ft^2, en un rectángulo de 320 ft x 380 ft. El pozo TerrGas-1, adicionalmente, cuenta con una distancia de 100 ft por lado, es decir, el rectángulo real del sitio de perforación del pozo es 420 ft x 480 ft. Estos 100 pies adicionales son necesarios para cumplir con regulaciones de seguridad que exigen que los vehículos y personas que no estén trabajando estén a un al menos a esa distancia del cabezal del pozo [20]. En la figura 3.3 se muestra un esquema del área necesaria para desplegar el taladro E-759 y el área aprobada en el sitio del pozo TerrGas-1 con sus respectivas medidas.



■ Área disponible en el sitio de taladrado del pozo TerrGas-1

■ Área necesaria para desplegar el taladro E-759

Figura 3.3 – Esquema del área necesaria para desplegar el taladro E-759 y la disponible en el sitio del pozo TerrGas-1.

Se reviso rápidamente la subestructura del taladro, específicamente se verifico el estado de las soldaduras y los pernos alcanzados por la vista, además también se reviso si la misma presentaba muestras de oxidación. La subestructura inspeccionada resulto estar en muy buenas condiciones como se puede observar en la Figura 3.4.



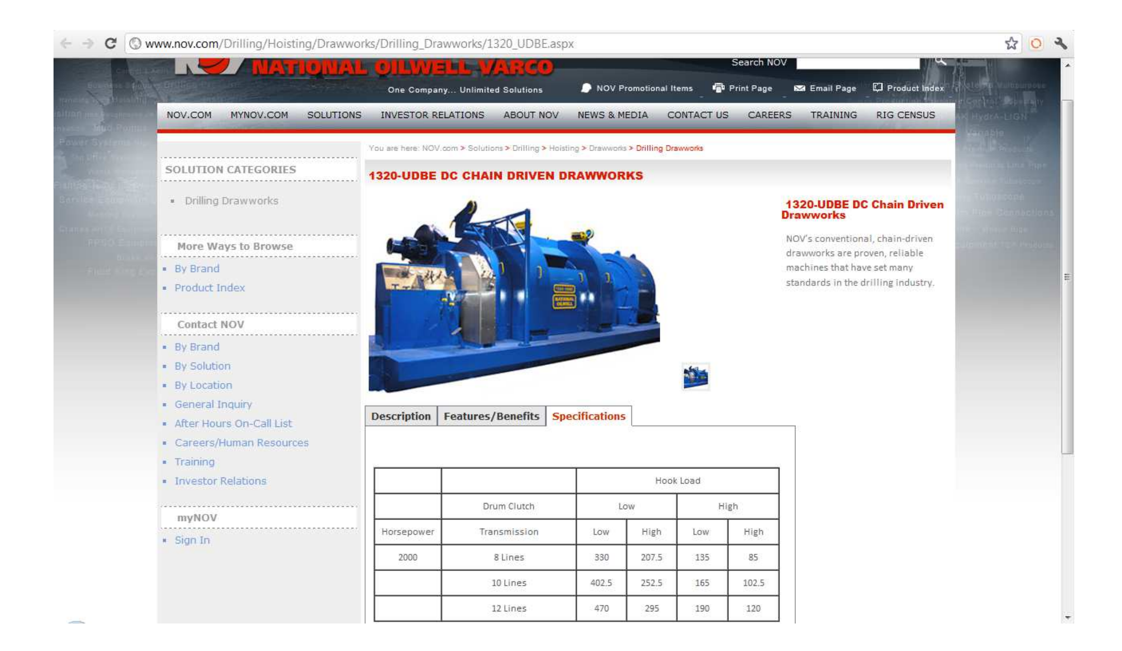
Figura 3.4 – Subestructura del Taladro E-759.

El taladro E-759 tiene un malacate de la marca National Oilwell Varco modelo 1320-UDBE, con potencia de 2.000 Hp. La placa no se pudo fotografiar, aunque de la página de internet de la compañía fabricante del malacate se pudo obtener la información completa del malacate en cuestión (Refiérase al Anexo D). En la Figura 3.5 se muestra una imagen

del malacate del taladro de perforación, mientras que en la Figura 3.6 se muestra un fragmento de la información conseguida del mismo en la página de internet del fabricante.



Figura 3.5 – Malacate del taladro E-759.



		Hook Load			
	Drum Clutch	Low		High	
Horsepower	Transmission	Low	High	Low	High
2000	8 Lines	330	207.5	135	85
	10 Lines	402.5	252.5	165	102.5
	12 Lines	470	295	190	120

Figura 3.6 – Especificaciones del Malacate marca National Oilwell Varco modelo 1320-UDBE [21].

El taladro está dotado de dos (2) bombas triplex, de simple efecto, de 1.500 Hp, marca National, modelo 12-P-160. De acuerdo con el Superintendente del taladro amabas bombas pueden tener un caudal de 1.000 galones por minuto con el diámetro de camisa actual. Al igual que con el malacate, no se pudo fotografiar la placa de una de las bombas, por lo que

se prosiguió a obtener las especificaciones de la misma del manual del fabricante en internet (Refiérase al Anexo E). En la Figura 3.7 se puede observar una de las bombas en el momento de la inspección, mientras que en la Figura 3.8 se pude observar un fragmento de las especificaciones de las bombas.



Figura 3.7 - Bomba del taladro E-759 al momento de la inspección.

Dimensions and Specifications

Height, floor to center of front inlet suction, inches (mm)	16½ (419)	Maximum fluid cylinder line bore, inches (mm)	7¼ (184.2)
Height, floor to center of discharge, inches (mm)	45¼ (1149)	Stroke, inches (mm)	12 (304.8)
Overall length over skids, inches (mm)	209 (5309)	Hydrostatic test pressure of standard fluid cylinders, psi (kg/cm^2)	11,250 (791)
Width over frame, inches (mm)	78⅝ (1997)	Ratio of gears	3.439
Width over pinion shaft, inches (mm)	113¾ (2889)	Suction connection, ASA-150 lb. R.J. Flange (inches)	10
Height, floor to top of gear case, inches (mm)	75 (1905)	Discharge connection, cross w/API-10,000 lb. R.J. Flange (inches)	5
Height over fluid cylinders, inches (mm)	62 15/16 (1599)	Valve pot, API number	MOD. 7
Max. input, horsepower (kW)	1600 (1193)	Weight-complete, less sheave, lbs. (kg)	54,700 (24,810)
Rated pump speed, spm	120		

Figura 3.8 – Fragmento del manual de especificaciones de la bomba National 12-P160 [22].

De acuerdo con el superintendente del taladro, el conjunto de válvulas impide-reventones (Ariete de Tubería-Carreto-Ariete Ciego-Anular) tiene una presión de operación de 10.000 psi. Al momento de la pre-inspección se negó el acceso hasta el área de las VIR debido a que el taladro se encontraba perforando el tramo horizontal del pozo y se estaba usando un fluido en base a aceite, peligroso debido a las altas temperaturas a las que llega a la superficie. La presión de operación de las válvulas impide-reventones cumple con la clasificación de los taladros expuesta en la Tabla 1.2, por lo que se concluye que dicha operación será suficiente en la perforación del pozo TerrGas-1. En la Figura 3.9(a) se

muestra el conjunto de válvulas impide-reventones del taladro E-759, mientras que en la Figura 3.9(b) se muestra el esquema del conjunto de válvulas impide-reventones.

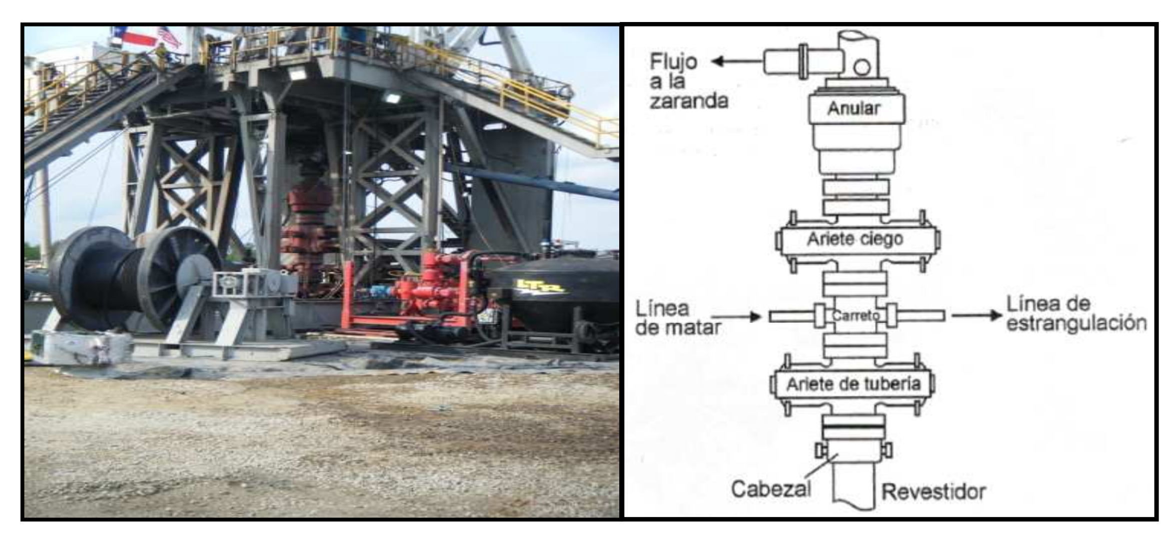


Figura 3.9 – (a) Conjunto de válvulas impide-reventones del taladro E-759. (b) Esquema del conjunto de válvulas impide-reventones.

El acumulador del taladro E-759 es de 24 botellas, como se pudo observar, con una presión máxima de 3.000 psi cuando se encuentra totalmente cargado. En la Figura 3.10 se muestra el acumulador del taladro E-759 al momento de la inspección.

Se observo que había dos cernidores, dos desarenadores y dos separadores de sólidos de doble nivel. El área de mezclado de lodo cuenta con dos bombas mezcladoras con salidas independientes. Adicionalmente, cuenta con una unidad desgasificadora de vacío y otra desgasificadora atmosférica. En la Figura 3.11 se puede observar el área de acondicionamiento del lodo del Taladro E-759.

Con respecto a los equipos de seguridad personal, se pudo notar, en términos generales, que las instalaciones del taladro se encontraban organizadas y limpias. No se observaron fugas en ninguno de los equipos principales del taladro. Igualmente se pudo notar que las señales de seguridad se encontraban posicionadas en puntos visibles y los pasamanos y escaleras estaban en buenas condiciones. A pesar de esto también se debe destacar que las unidades de lavado de ojos se encontraban en mal estado y algunas no funcionaban. En la Figura 3.12 se puede observar una de las unidades de lavado de ojos del Taladro E-759.



Figura 3.10 – Unidad acumuladora del Taladro E-759.



Figura 3.11 – Área de acondicionamiento del lodo del Taladro E-759.



Figura 3.12 – Unidad de lavado de ojos del Taladro E-759.

Durante la pre-inspección del taladro de perforación E-759 no se pudo revisar la capacidad de la torre, de acuerdo con el superintendente del taladro el mismo tiene una máxima profundidad de taladrado de 25.000 ft, por lo que se podría decir que la torre debería estar capacitada para soportar la carga aplicada durante las operaciones de perforación del pozo TerrGas-1 (14.200 ft).

Para el taladro, el malacate, las bombas, las válvulas impide-reventones y la unidad acumuladora se `pidió que se enviaran los certificados a la oficina. Para la fecha de finalización de la pasantía todavía no se habían obtenido dichos certificados.

En conclusión el taladro E-759 estaría capacitado para perforar el pozo TerrGas-1, debido a que el malacate, las bombas de circulación, los equipos de control de sólidos, las válvulas impide-reventones, las dimensiones del sitio de perforación y los equipos de seguridad personales satisfacen los requerimientos.

Se debe mencionar que el sitio de perforación en el que se encontraba el taladro E-759 era mucho mayor al que necesita para su despliegue y al área disponible en el pozo TerrGas-1, el área que se muestra en la Figura 3.3 es solo la mínima necesaria para desplegar el taladro. Esto es un factor que se debe considerar porque la ubicación pantanosa del pozo TerrGas-1 no facilitará el despliegue del taladro. Debido a la misma geografía del pozo se debe tomar en cuenta que se necesitan alquilar tanques de almacenamiento para el área de almacenamiento del lodo, debido a que será imposible contar con una fosa de lodo.

En el caso del Taladro E-759 se puede observar que el malacate es de 2.000 Hp y no los necesarios 2.500 Hp calculados en el Capítulo II, esto es un aspecto que se debe considerar pero al igual que como se menciono en dicho capitulo puede ser obviado. Otra razón que respalda el hecho de que se pueda usar el Taladro E-759 con el malacate de 2.000 Hp es que el mismo taladro se encontraba perforando un pozo horizontal de 12.000 ft, que es una profundidad y complejidad de perforación parecida a la que se llevara a cabo en el pozo TerrGas-1, y sin aparentes signos de que se haya presentado un problema recientemente en dicho taladro.

Al igual que en el caso del malacate, las bombas del Taladro E-759 tienen menor potencia de salida a la que se calculo en el Capítulo II, las bombas del taladro tienen una potencia de

1.500 Hp mientras que la calculada para la aceptación es de 1.600 Hp. La potencia calculada es la mínima para la aceptación, lo que implica un problema para la selección del taladro debido a que las bombas con las que está equipado el taladro están por debajo de la misma, pero estas bombas son de camisa intercambiable y por lo tanto la potencia de salida podría ser variada. En la Ecuación 3.1, extraída de la guía “Apuntes sobre Máquinas Volumétricas Material para el Curso CT-3415” [23], se puede observar que el caudal teórico desplazado por la bomba depende del área del elemento de bombeo, que es el área del pistón ajustado en la camisa del cilindro donde está colocado.

$$Q = \frac{A \times m \times N \times S}{231} \qquad 3.1$$

En la ecuación 3.1, “Q” es el caudal teórico o Desplazamiento en galones por minuto, “A” es el área del elemento de bombeo en pulgadas cuadradas, “m” es el número de elementos de bombeo, “N” es la velocidad de giro en revoluciones por minuto y “S” es la carrera de la bomba en pulgadas. Se puede observar que con aumentar el área del elemento de bombeo se aumentara el caudal teórico y a su vez la potencia mecánica de la bomba, como queda constatado en la Ecuación 3.2 [23] y la Ecuación 2.4.

$$P_m = \frac{Q \times \Delta P}{1714 \times \eta_m} \qquad 3.2$$

En la Ecuación 3.2, “P_m” es la potencia mecánica en Hp, “Q” es el caudal o capacidad en galones por minuto, “ΔP” es la presión diferencial en psi y η_m es la eficiencia mecánica de la bomba. Con las Ecuaciones 3.1 y 3.2 se puede concluir que al cambiar las camisas de los cilindros por unas de mayor diámetro se podrá aumentar la potencia mecánica de las bombas.

También se debe recordar que, como se menciono en el Capítulo II, la potencia mínima que se calculo para las bombas tiene un exceso de 15%, es decir, que la potencia real que será requerida de las bombas es de 1.360 Hp, potencia que puede ser provista por las bombas de 1.500 Hp con las que cuenta el taladro. Se recomienda estudiar con detenimiento el historial del taladro en la perforación de pozos similares al TerrGas-1 para confirmar que las bombas no presentaran un problema.

Por último, se deben revisar con mayor detenimiento los equipos de seguridad personal y pedir que sean reparados los que no estén en capacidad de funcionar, debido a que en Estados Unidos existen organizaciones gubernamentales, como la OSHA (Occupational Safety and Health Administration), que realizan inspecciones a los taladros de perforación y pueden detener la perforación en caso de que los requerimientos de seguridad no se cumplan. Esto representa un gasto de dinero mayor por el o los días que la operación pueda estar detenida. La misma OSHA tiene una lista de requerimientos que los taladros de perforación deben cumplir a la hora de la inspección (Refiérase al Anexo F). Con el cumplimiento de esta lista el personal del taladro es capaz de asegurar la más alta seguridad en el mismo. Esta lista se encarga de revisar los certificados de entrenamiento del personal del taladro, que los equipos de protección contra fuego estén funcionales y que en el taladro haya un plan de emergencia. En el plan de emergencia, se incluye, la presencia de una ambulancia en el taladro, kits de primeros auxilios, la funcionalidad de las alarmas y las estaciones de lavado de ojo, entre otros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se reviso la manera en que se calcula la potencia mínima requerida del malacate y de las bombas de lodo y se escribió una hoja de cálculo que introduciéndole una serie de datos de los revestimiento y los fluidos de perforación es capaz de determinar dichas potencias.

El cálculo y análisis de la potencia del malacate permitió poder determinar cuál sería la potencia mínima de aceptación del mismo. La revisión de los cálculos en ambas condiciones (cuando el pozo esta sin fluido de perforación y cuando está lleno de fluido de perforación) permitió determinar que la potencia que se pensaba que era necesaria para el trabajo en verdad es menor, debido a que el riesgo de que el pozo se quede sin fluido de perforación es muy improbable.

A pesar de que los procedimientos estándar sugieren que los cálculos de la potencia del malacate se hagan solo con el revestimiento intermedio, se hicieron los cálculos para los otros revestimientos obteniendo como resultado lo estipulado por los procedimientos estándar, que el revestimiento más pesado es el intermedio y que en realidad realizar los cálculos solo con dicho revestimiento se hubiesen obtenido resultados acertados.

Con respecto a las bombas se debe mencionar que a pesar de que el cálculo se realizaron solo para el plan hidráulico de uno de los hoyos, esto de igual forma garantiza que las bombas serán las adecuadas para la perforación del pozo TerrGas-1, esto se debe a que el plan hidráulico utilizado era el del hoyo de mayor diámetro entonces a pesar de que a mayor profundidad hay mayor presión de las formaciones también el caudal necesario será menor, por lo que se puede decir que se compensa.

De la pre-inspección del taladro E-759 se puede concluir a primera vista de que no sería adecuado para la perforación del pozo TerrGas-1 porque a pesar de que la potencia del malacate es ideal, la potencia de las bombas con la que está equipada el taladro es menor a la mínima requerida que se calculo. A pesar de esto, las bombas son de camisa intercambiable por lo que se puede aumentar el caudal que son capaces de entregar. Adicionalmente el taladro de perforación E-759 puede clasificarse como un tipo C [9] y teóricamente es capaz de perforar el pozo TerrGas-1. Otro aspecto que habla bien del taladro E-759 es que para el momento de la pre-inspección estaba terminando de perforar un pozo horizontal de 12.000 ft de profundidad y que ha perforado pozos en zonas cercanas

a las del campo gasífero a desarrollarse. Adicionalmente el taladro E-759 puede ser desplegado completamente en el sitio de perforación del pozo TerrGas-1, a la vez que se cumplen las regulaciones de seguridad establecidas. La decisión de si este debe ser el taladro a usarse, debe pasar por el plano económico y de programación, debido a que operacionalmente el taladro podrá encargarse de la perforación del pozo TerrGas-1.

REFERENCIAS

[1] Barberri, Efraín E.; “El Pozo Ilustrado”; Petroleos de Venezuela, S.A. Programa de Educación Petrolera; Venezuela, 1998.

[2] PERTAMINA. 2005. “Standard Operating Procedures Operasi Pemboran”. 2da edición. Indonesia.

[3] Bourgoyne Jr, A. T.; Millheim, K., K.; Chenevertu, M., E.; Young Jr, F. S.; “Applied Drilling Engineering”, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX, 1991.

[4] Osorio S., Rafael. 2010. “Ingeniería de perforación”. Disponible en Internet: http://www.petroblogger.com/2010/01/beneficios-de-la-perforacion-de-pozos.html, consultado el 14 de Enero de 2012.

[5] Osorio S., Rafael. 2010. “Ingeniería de perforación”. Disponible en Internet: http://www.petroblogger.com/2010/01/pozos-direccionales-tipo-s.html, consultado el 14 de Enero de 2012.

[6] Osorio S., Rafael. 2010. “Ingeniería de perforación”. Disponible en Internet: http://www.petroblogger.com/2010/01/pozos-direccionales-tipo-j.html, consultado el 14 de Enero de 2012.

[7] Molina, O. “II Foro de Perforación de Intervep”. Disponible en Internet: http://ingenieria-de-yacimientos.lacomunidadpetrolera.com/2009/01/clasificacin-de-pozos.html, consultado el 14 de Enero de 2012.

[8] Departamento de Ingeniería de Petróleo UCV. 2008. “Pozos I: Tema # 1: Introducción”. Facultad de Ingeniería UCV. Caracas, Venezuela.

[9] Ahmad, Shady. “Egypt´s Petroleum Services Market: The winning horse for Oil Companies in Egypt”, Egypt Oil & Gas Newspaper, 56, 8, 2011.

[10] Molero, Jaime C. 2010. "Planificación de la Perforación de Pozos y Selección de Taladro". Disponible en Internet: http://es.scribd.com/doc/32468270/Planificacion-de-la-Perforacion-de-Pozos-y-Seleccion-de-Taladro, consultado el 06 de Septiembre de 2011.

[11] Departamento de Ingeniería de Petróleo UCV. 2008. "Pozos I: Tema # 3: Componentes de un Taladro de Perforación". Facultad de Ingeniería UCV. Caracas, Venezuela.

[12] PETEX. 2010. "A Dictionary for the Oil and Gas Industry". 2da edición. The University of Texas at Austin - Petroleum Extension Service. Austin, Texas.

[13] Departamento de Ingeniería de Petróleo UCV. 2008. "Pozos I: Tema # 5: Fluidos de Perforación". Facultad de Ingeniería UCV. Caracas, Venezuela.

[14] Baron, M. L.; Rivillas, O. I. 2010. "Sistema de Circulación". Disponible en Internet: http://nuevosperforadores.blogspot.com/2010_04_01_archive.html, consultado el 07 de Septiembre de 2011.

[15] Schlumberger. 1992. "Barrenas e Hidraulica de Perforación". Disponible en internet: http://es.scribd.com/doc/45362048/Barrenas-e-Hidraulica-de-Perforacion, consultado el 07 de Septiembre de 2011.

[16] Kelco Rotary. 1984. "Kelco Rotary Technical Handbook". Drlling Fluids Division, Kelco Oil Field Group. Estados Unidos.

[17] Gabolde, Gilles; Nguyen, Jean-Paul; "Drilling Data Handbook", Editions TECHNIP, Paris, pp. 26 (2006).

[18] Schlumberger. 2012. "Oilfield Glossary". Disponible en internet: http://www.glossary.oilfield.slb.com/Display.cfm?Term=lignosulfonate, consultado el 21 de Febrero de 2012.

[19] Namibian Drlling Contractors Association. 2011. "Weekly Drill Rig EHS Inspection Checklist" Disponible en internet:

http://www.namdrill.com/files/Weekly_Drill_Rig_EHS_Inspection_List.pdf, consultado el 20 de Noviembre de 2011.

[20] Colorado Oil and Gas Conservation Comission. 2003. “Safety Regulations”. Disponible en internet: cogcc.state.co.us/RR_Asps/600Series.pdf, consultado el 15 de Noviembre de 2011.

[21] National Oilwell Varco. 2012. “1320-UDB Chaindriven Drawworks”. Disponible en Internet: www.nov.com/Drilling/Hoisting/Drawworks/Drilling_Drawworks/1320_UDBE.aspx, consultado el 20 de Noviembre de 2011.

[22] National Oilwell Varco. 2012. “1320-UDB Chaindriven Drawworks”. Disponible en Internet: http://www.nov.com/Drilling/Drilling_Fluid_Equipment/Mud_Pumps/12-P-160_Triplex_Mud_Pump.aspx, consultado el 20 de Noviembre de 2011.

[23] Moreno, Nathaly. 2003. “Apuntes sobre Máquinas Volumétricas Material para el Curso CT-3415”. Universidad Simón Bolívar, Departamento de Conversión y Transporte de Energía”. Venezuela.

ANEXOS

nexo A.- Reunión de la Junta Directiva (Sept. 2.011)



Board of Directors Meeting

Drilling & Production Overview

Sept. 2011

CONTENTS



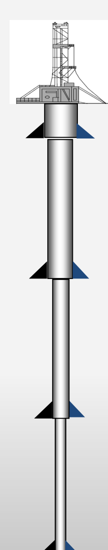
DRILLING

- Casing Schedule & Mud System
- Wellbore Scheme TerrGas-1
- Time vs. Depth Graph
- Directional Drilling Plan
- Drilling Issues
- Drilling Business Roadmap

PRODUCTION

Casing Schedule & Mud Systems



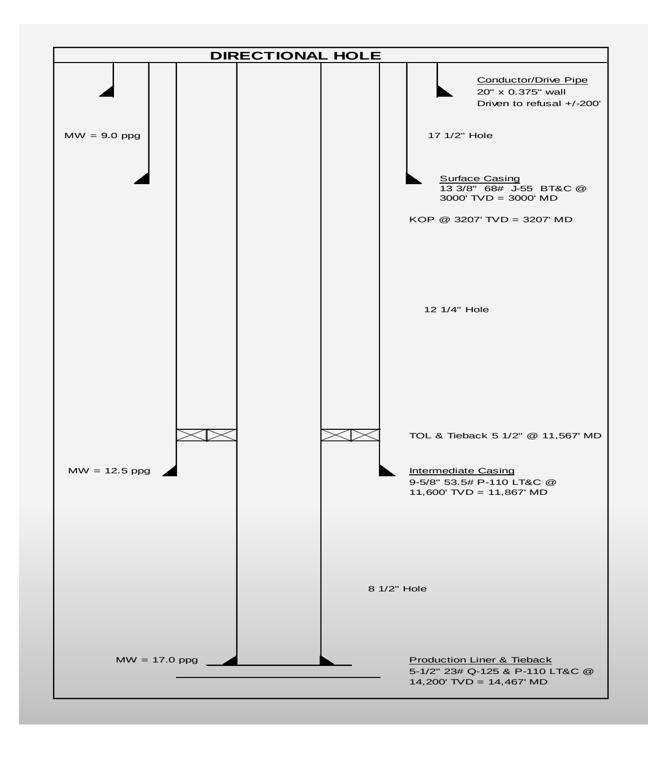


26" Hole –20" CASING (CONDUCTOR) - 94 LBS/FT – @ 200' – Fresh Water
Drill until 205' and setup the conductor`

17-1/2" Hole - 13-3/8" Casing, J-55 , 68 LBS/FT, TTS - @ 3000' – Gel and Fresh Water - 9 ppg
No potential problems have been visualized

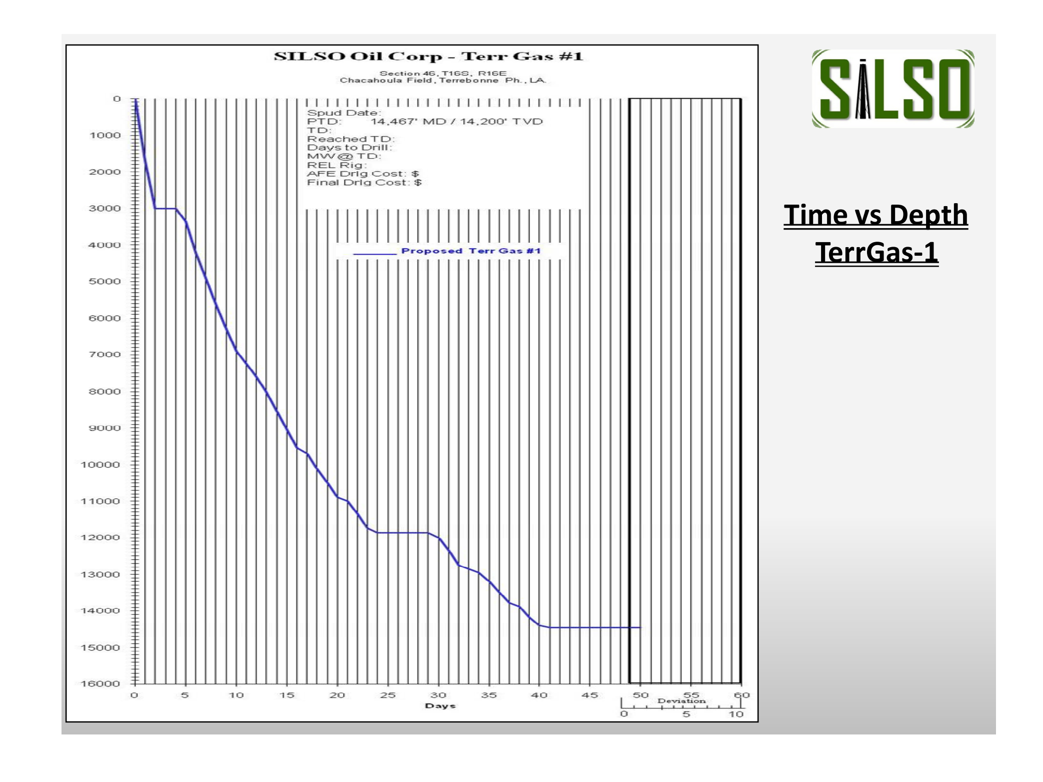
12-1/4" Hole - 9-5/8" Casing , P-110, 43.5 LBS/FT. LTC - @ 11.900' - Water Gel untils 8000'. Then Lignosulfonate - 12.5 ppg
Presence of gas-bearing zones within this section

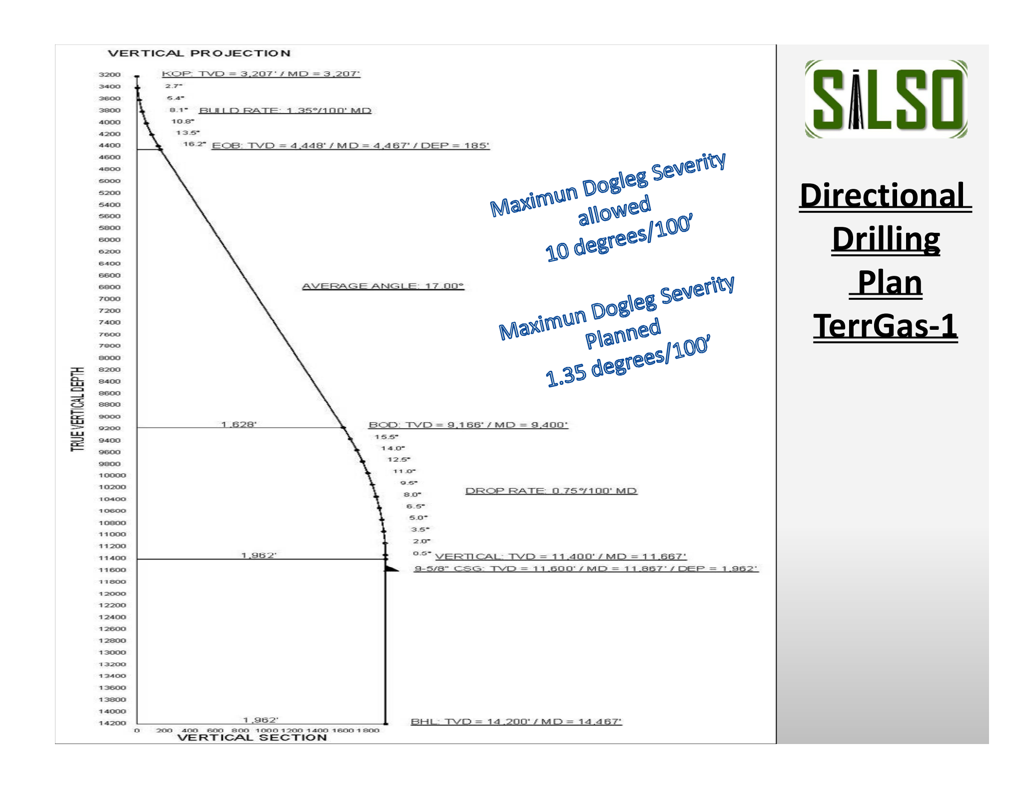
6-1/8" Hole – 5-1/2" Casing , P-110, 23 LBS/FT, LTC - @ 14.200' - Lignosulphonate 12.5 - 17 ppg
Gas Presence in this section



SILSO

Wellbore Scheme TerrGas - 1


SILSO Oil Corp - Terr Gas #1
Section 46, T16S, R16E
Chacahoula Field, Terrebonne Ph., LA
Spud Date:
PTD: 14,467' MD / 14,200' TVD
TD:
Reached TD:
Days to Drill:
MW @ TD:
REL Rig:
AFE Drlg Cost: $
Final Drlg Cost: $
Proposed Terr Gas #1
Days
Deviation
SILSO
Time vs Depth
TerrGas-1


VERTICAL PROJECTION
KOP: TVD = 3,207' / MD = 3,207'
BUILD RATE: 1.35°/100' MD
EOB: TVD = 4,448' / MD = 4,467' / DEP = 185'
Maximun Dogleg Severity
allowed
10 degrees/100'
AVERAGE ANGLE: 17.00°
Maximun Dogleg Severity
Planned
1.35 degrees/100'
1,628'
BOD: TVD = 9,166' / MD = 9,400'
DROP RATE: 0.75°/100' MD
1,962'
VERTICAL: TVD = 11,400' / MD = 11,667'
9-5/8" CSG: TVD = 11,600' / MD = 11,867' / DEP = 1,962'
1,962'
BHL: TVD = 14,200' / MD = 14,467'
TRUE VERTICAL DEPTH
VERTICAL SECTION
SILSO
Directional
Drilling
Plan
TerrGas-1

DRILLING ISSUES



Surface Casing.
Not expected to find shallow gas deposits .
First casing string will be cemented to surface.

Production Casing.
Mud logging records to determine the presence of potential gas-bearing zones within this section of the hole.
Standard set of wireline logs
Upper Krumbhar formation (bailout) and potentially a Lower Krumbhar formation should be found

Production Liner.
Presence of potential gas-bearing zones within this section of the hole.
Standard set of wireline logs and mud logging records
Barnhaart formation at approximately 12,350 ft, First Mc Culla at approximately 12,750 ft.; Second McCulla at approximately 13,100 ft., and 3rd McCulla at 13.750 ft. Potentially Amph-B at 14,100 ft. (check with Steve)
Option of running either a wireline formation tester or a drill stem test in these lower formations.

Next main activities / TerrGas-1 (not necessarily in this order)



- To inspect available rigs identified by Brammer Eng. (Early October)
- To setup inspections to main Services Companies (October)
- To elaborate a Complete and Detail Drilling Program. (Deadline: Oct. 31st)
- To supervise construction of Bridge & Location

- To optimize movements of rig
- To calculate and review next well's directional trajectory
- To review/adjust AFE's for wells #2 & #3

Anexo B.- Hoja de Cálculo

CALCULO DE POTENCIA PARA EL REVESTIMIENTO DE 13 3/8"

DATOS

REVESTIMIENTO

Densidad [lb/ft]	Profundidad [ft]	Peso [Ton]	Numero de Tubos
68	3000	102	100

FLUIDO DE PERFORACION

Peso [PPG]	Factor de Flotabilidad
9	0,865

TOP DRIVE

Peso [lb]
19300

PRseco+TD [Ton]	PRfluid+TD [Ton]
112	98

BLOQUE

Peso [lb]
24000

Eficiencias

Bloque (Eb) 0,9
Malacate (Em) 0,8
Transimisión (Et) 0,7

Vel. Izamiento [ft/min] 60

CALCULOS

a) Condición: Pozo seco

Wa: Peso Total sobre el Gancho Wa [lb] = 247300

Wa [Ton]
124

b)Condición: Pozo lleno con fluido de perforación

Wb: Peso Total sobre el Gancho Wb [lb] = 213915

Wb [Ton]
107

POTENCIA DEL MALACATE

	Pozo Seco	Pozo con Fluido
Potencia del Gancho [Hp]	450	389
Potencia del Malacate [Hp]	892	772

CALCULO DE POTENCIA PARA EL REVESTIMIENTO DE 9 5/8"

DATOS

REVESTIMIENTO

Densidad [lb/ft]	Profundidad [ft]	Peso [Ton]	Numero de Tubos
53,5	11870	318	396

FLUIDO DE PERFORACION

Peso [PPG]	Factor de Flotabilidad
12,5	0,8125

TOP DRIVE

Peso [lb]
19300

PRseco+TD [Ton]	PRfluid+TD [Ton]
327	268

BLOQUE

Peso [lb]
24000

Eficiencias

Bloque (Eb)	0,9
Malacate (Em)	0,8
Transimisión (Et)	0,7

Vel. Izamiento [ft/min] 60

CALCULOS

a) Condición: Pozo seco

Wa: Peso Total sobre el Gancho — Wa [lb] = 678345

Wa [Ton]
339

b)Condición: Pozo lleno con fluido de perforación

Wb: Peso Total sobre el Gancho — Wb [lb] = 551155

Wb [Ton]
276

POTENCIA DEL MALACATE

	Pozo Seco	Pozo con Fluido
Potencia del Gancho [Hp]	1233	1002
Potencia del Malacate [Hp]	2447	1988

CALCULO DE POTENCIA PARA EL LINER DE 5 1/2"

DATOS

REVESTIMIENTO

Densidad [lb/ft]	Profundidad [ft]	Peso [Ton]	Numero de Tubos
23	14470	166	482

FLUIDO DE PERFORACION

Peso [PPG]	Factor de Flotabilidad
17	0,745

TOP DRIVE

Peso [lb]
19300

PRseco+TD [Ton]	PRfluid+TD [Ton]
176	134

BLOQUE

Peso [lb]
24000

Eficiencias

Bloque (Eb) 0,9
Malacate (Em) 0,8
Transimisión (Et) 0,7

Vel. Izamiento [ft/min] 60

CALCULOS

a) Condición: Pozo seco

Wa: Peso Total sobre el Gancho Wa [lb] = 376110

Wa [Ton]
188

b)Condición: Pozo lleno con fluido de perforación

Wb: Peso Total sobre el Gancho Wb [lb] = 280202

Wb [Ton]
140

POTENCIA DEL MALACATE

	Pozo Seco	Pozo con Fluido
Potencia del Gancho [Hp]	684	509
Potencia del Malacate [Hp]	1357	1011

CALCULO DE POTENCIA PARA EL TIE-BACK DE 5 1/2"

DATOS

REVESTIMIENTO

Densidad [lb/ft]	Profundidad [ft]	Peso [Ton]	Numero de Tubos
23	11570	133	386

FLUIDO DE PERFORACION

Peso [PPG]	Factor de Flotabilidad
17	0,745

TOP DRIVE

Peso [lb]
19300

PRseco+TD [Ton]	PRfluid+TD [Ton]
143	109

BLOQUE

Peso [lb]
24000

Eficiencias

Bloque (Eb) 0,9
Malacate (Em) 0,8
Transimisión (Et) 0,7

Vel. Izamiento [ft/min] 60

CALCULOS

a) Condición: Pozo seco

Va: Peso Total sobre el Gancho Va [lb] = 309410

Va [Ton]
155

b)Condición: Pozo lleno con fluido de perforación

Vb: Peso Total sobre el Gancho Vb [lb] = 230510

Vb [Ton]
115

POTENCIA DEL MALACATE

	Pozo Seco	Pozo con Fluido
Potencia del Gancho [Hp]	563	419
Potencia del Malacate [Hp]	1116	832

CALCULO DE POTENCIA DE LAS BOMBAS

Caudal [GPM]	Presión [psi]
900	2500

Em	0,9
Ev	0,95

Em... Eficiencia Mecánica
Ev--- Eficiencia volumétrica

Potencia Hidraulica [Hp] 1312,72

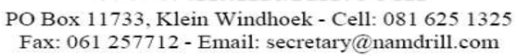
Potencia Requerida de una Bomba [Hp] 1535

Anexo C.- Checklist



Namibian Drilling Contractors Association

www.namdrill.com





WEEKLY DRILL RIG EHS INSPECTION CHECKLIST

CONTRACTOR:	
WEEK NO.:	
DATE COMPLETED:	

RIG NO	DESCRIPTION	DRILLER	SIGNATURE

THIS RIG AND ITS PERIPHERAL EQUIPMENT IS TO THE BEST OF MY KNOWLEDGE SAFE/UNSAFE TO OPERATE IN PRESENT CONDITION.

INSPECTED BY:	
SIGNATURE:	**EHS OFFICER**
RECEIVED BY:	
SIGNATURE:	**SITE FOREMAN**

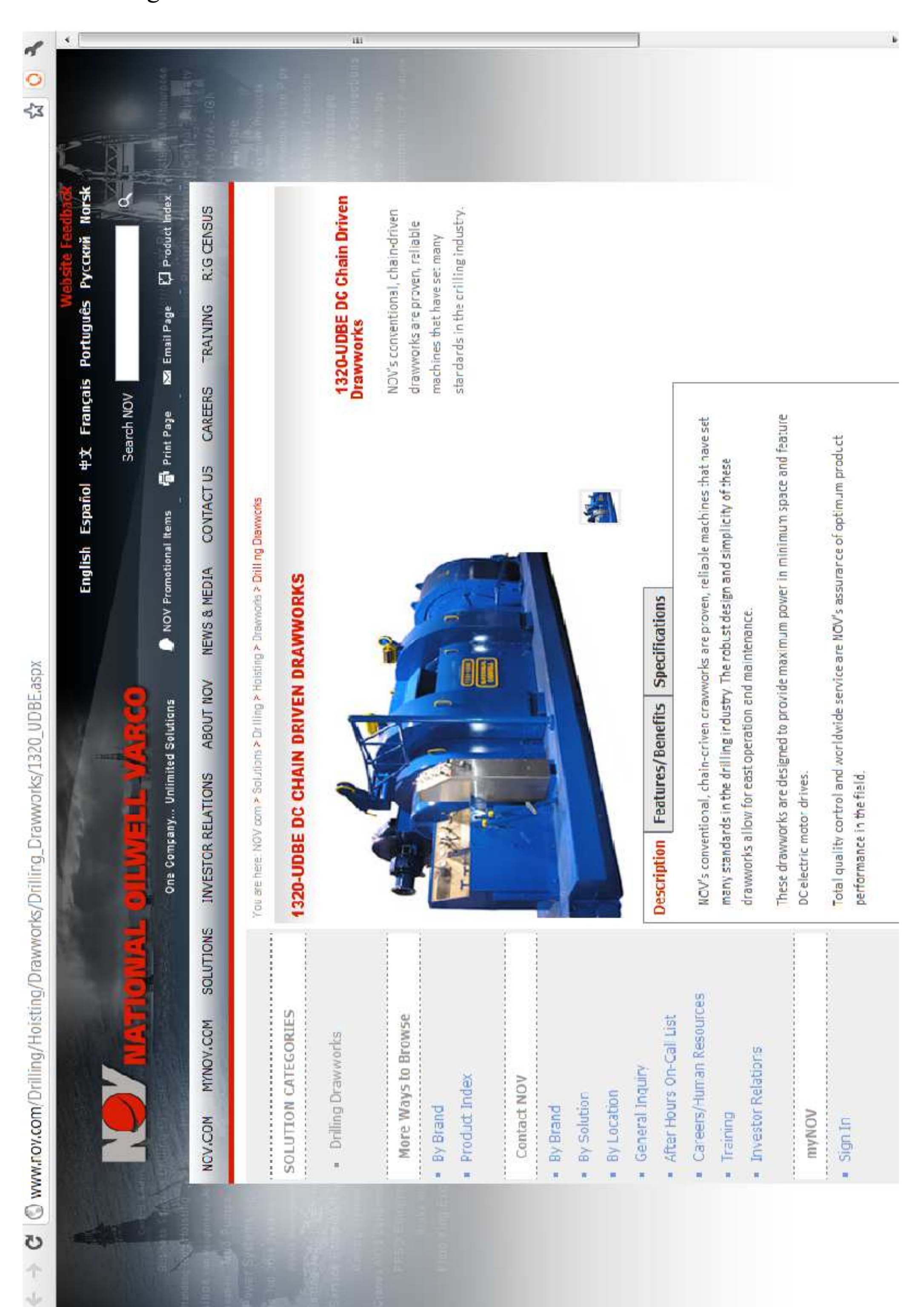
		RIG NO					
A	**ORGANISATION & PLANNING**						
A1	Are all personnel fit and well to carry out their required duties?						
A2	Is there a EHS policy on site?						
A3	Is it known and understood by all (ask)?						
A4	Have incidents and accidents been reported to EHS coordinator within 24 hrs?						
A5	Have all incidents and accidents been thoroughly investigated by a team led by the EHS coordinator?						
A6	Has a responsible person been formally appointed (e.g. the driller)?						
A7	Are SOPs written, understood by all and complied with?						
A8	Have all personnel undergone an EHS induction?						
A9	Are there emergency procedures in place?						
A10	Is the geologist on site?						
A11	Has the site geologist, in conjunction with the driller, identified possible risks from underground gas (e.g. methane), asbestos, radiation or other and agreed to all precautions taken?						
A12	Is there an agreed and appropriate environmental rehabilitation plan?						
B	**PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT**						
B1	Hard Hats						
B2	Safety footwear						
B3	Eye protection						
B4	Hearing protection						
B5	Hand protection						
B6	Dust masks						
B7	No loose or ragged clothing						
B8	No loose boot laces						
B9	No drawstrings on clothing						
B10	Long hair restrained						
B11	No jewellery worn						
B12	Protection against U.V. exposure						
B13	Weather protection/clothing						
B14	Are appropriate graphic signs posted at the rig indicating the P.P.E. required?						
B15	Safety harness						
C	**SITE ACCESS**						
C1	Were access routes pre-planned						
C2	Are routes kept to a minimum? (E.g. one track in and out?)						
C3	Is access to the drilling work area restricted by barrier tape or fencing?						

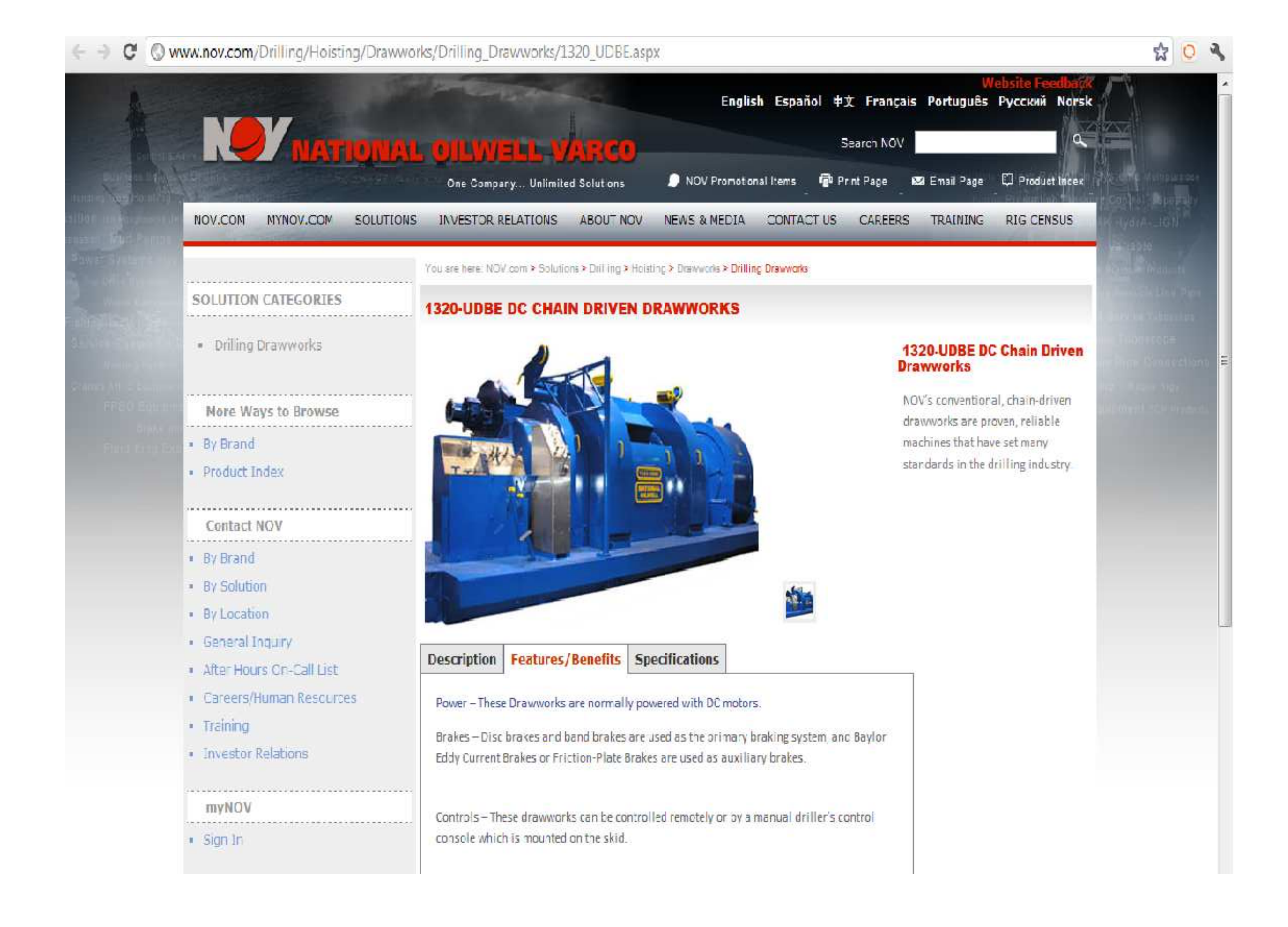
		RIG NO					
D	**DRILL SITE**						
D1	Is the site level and clear of slipping/tripping hazards?						
D2	Is the site safe from landslides, flooding, ground subsidence etc.						
D3	Are consumables and equipment stored neatly?						
D4	Is there a rack for tools?						
D5	Is there a rubbish bin and is the site free of litter?						
D6	Is there evidence of fuel or oil leaks?						
D7	Is a adequate spill kit available?						
D8	Are there possible overhead hazards? Eg. Power lines and trees?						
D9	Does the rig and peripheral machinery and equipment appear clean and tidy?						
D10	Does the site layout allow for escape routes in an emergency?						
E	**SAFETY EQUIPMENT**						
E1	Fire extinguishers of the correct type(Dry chemical powder, fire rating 27A 144B) and size:						
	* At the emergency assembly point						
	* At the rig						
	* In all support vehicles						
	* Accessible						
	* In working order						
	* Current service tags						
E2	Are the adequate first aid kits and equipment at:						
	* The emergency assembly point						
	* The rig						
	* The vehicles						
E3	Is there a competent first aider on site at all times?						
E4	Are there emergency stop buttons on machinery?						
E5	Are there means of emergency communications?						
E6	Are personnel trained in the emergency procedures including fire fighting?						

		RIG NO					
F	**MAST AND HOISTING EQUIPMENT**						
F1	Is accidental contact with rotating rods prevented?						
F2	Is the mast structure sound i.e. no cracks, loose or missing bolts?						
F3	Are belts, chains, sprockets and other drive, moving or sliding parts lubricated and in good adjustments and condition?						
F4	Is the drill rod rank in good condition and are rods stored securely?						
G	**MACHINE GUARDING**						
G1	Are all hot or moving parts of machinery guarded?						
G2	Are guards in a good and safe condition?						
G3	Are rotating or lifting and lowering rods, which might cause injury, guarded?						
G4	Are air cleaner indicators fitted?						
H	**RIG STABILITY**						
H1	Is the rig level, stable and anchored?						
H2	Are jacks locked or secured in position?						
H3	Information Stickers						
H4	Manuals + Documents						
H5	Service Records						
I	**HYDRAULICS SYSTEMS CONTROLS**						
I1	Are there any hydraulic fluid leaks at hoses connections and seals?						
I2	Are all hydraulic hoses in good condition i.e. no cuts or torn or perished outer casing?						
I3	Are all hoses adequately clamped or supported?						
I4	Are all hydraulic controls labelled on the driller's console?						
I5	Is the hydraulic control lever firm?						
I6	Are pressure gauges present and in good condition?						
J	**COMPRESSED AIR SYSTEMS**						
J1	Are all airlines undamaged and free from leaks?						
J2	Are whip checks fitted at all couplings?						
J3	Are pressure relief valves in the system?						
J4	Were the pressure relief valves tested in the last 7 days?						
J5	Is there a pressure gauge in the system, which has been tested and can easily be read?						
J6	Is there an emergency shut off valve?						
J7	Are all hoses clamped and supported?						
J8	Is the cyclone in good condition and dust control adequate?						

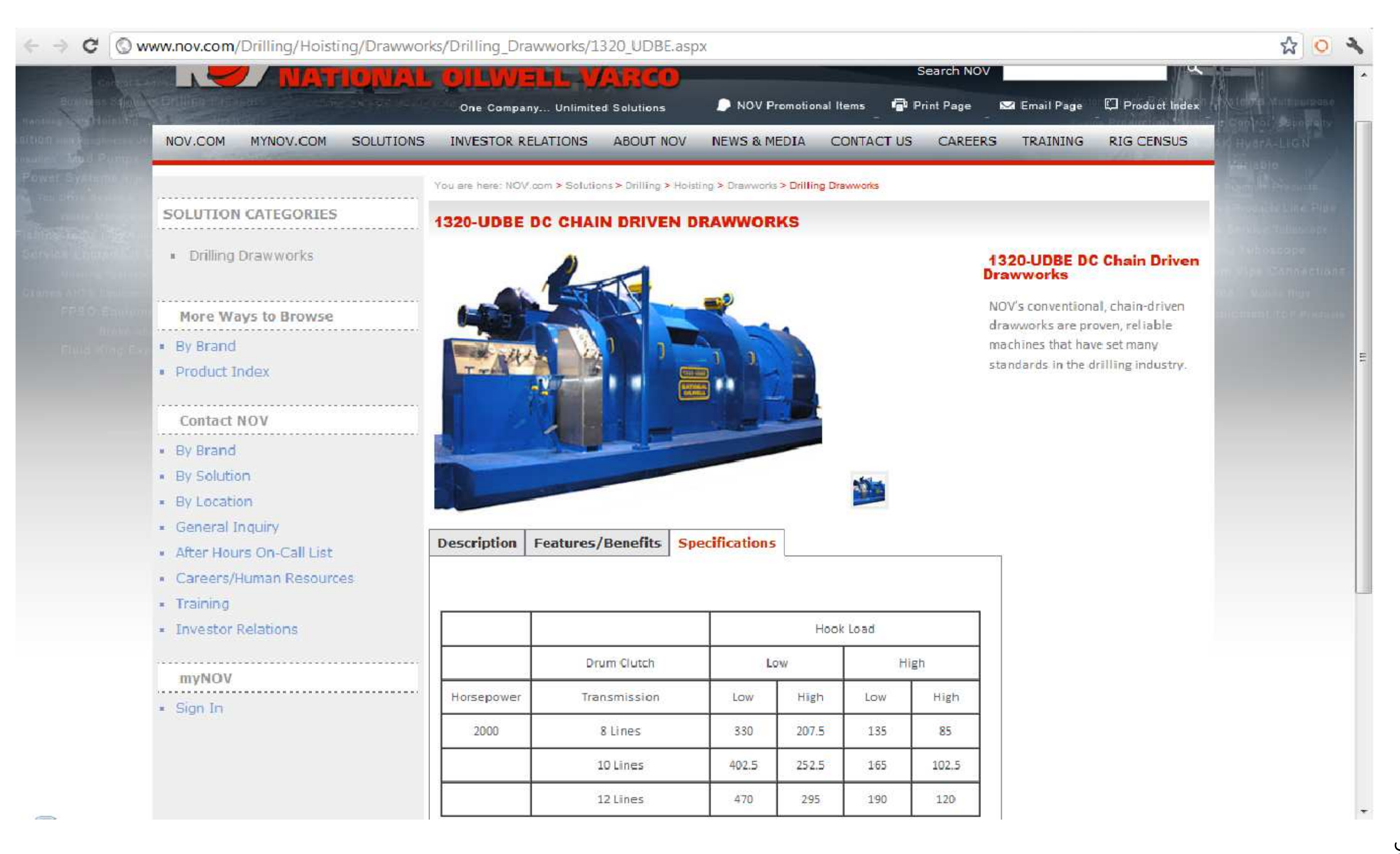
		RIG NO					
K	**GENERAL**						
K1	Is the rig checked, maintained and serviced to a schedule (seek documentary evidence)?						
K2	Does the driller carry out daily and weakly equipment checks?						
K3	Are all rig and support vehicles (including trailers, compressors on wheels etc.) in a roadworthy condition?						
	* Tyres						
	* Lights/indicators						
	* Mirrors						
	* Windshields						
	* Seat belts						
	* 2 way comms						
	* Horn						
	* Reverse lights and hooter						
	* Reflectors and chevrons						
	* Windshield wipers						
	* First aid kit						
	* Fire extinguishers						
	* Exhaust Insulation						
	* Batteries/Clamps/Caps						
	**** Use a comprehensive vehicle inspection checklist at least monthly***						
L	**ADDITIONAL**						
L1	Oxy/Acetylene						
L2	Welder						
L3	Cables + Helmet						
L4	Slings + Shackles						
L5	Radio						

Anexo D.- Catalogo del Malacate





www.nov.com/Drilling/Hoisting/Drawworks/Drilling_Drawworks/1320_UDBE.aspx
Website Feedback
English Español 中文 Français Português Русский Norsk
NATIONAL OILWELL VARCO
One Company... Unlimited Solutions
Search NOV
NOV Promotional Items
Print Page
Email Page
Product Index
NOV.COM MYNOV.COM SOLUTIONS INVESTOR RELATIONS ABOUT NOV NEWS & MEDIA CONTACT US CAREERS TRAINING RIG CENSUS
You are here: NOV.com > Solutions > Drilling > Hoisting > Drawworks > Drilling Drawworks
SOLUTION CATEGORIES
Drilling Drawworks
More Ways to Browse
By Brand
Product Index
Contact NOV
By Brand
By Solution
By Location
General Inquiry
After Hours On-Call List
Careers/Human Resources
Training
Investor Relations
myNOV
Sign In
1320-UDBE DC CHAIN DRIVEN DRAWWORKS
1320-UDBE DC Chain Driven Drawworks
NOV's conventional, chain-driven drawworks are proven, reliable machines that have set many standards in the drilling industry.
Description
Features/Benefits
Specifications
Power – These Drawworks are normally powered with DC motors.
Brakes – Disc brakes and band brakes are used as the primary braking system and Baylor Eddy Current Brakes or Friction-Plate Brakes are used as auxiliary brakes.
Controls – These drawworks can be controlled remotely or by a manual driller's control console which is mounted on the skid.



		Hook Load			
	Drum Clutch	Low		High	
Horsepower	Transmission	Low	High	Low	High
2000	8 Lines	330	207.5	135	85
	10 Lines	402.5	252.5	165	102.5
	12 Lines	470	295	190	120

Anexo E.- Catalogo de las bombas

12-P-160 Mud Pump

The National Oilwell Varco® 12-P-160 Mud Pump is rated at 1600 input horsepower (1193 kw) at 120 strokes per minute, with an 12-inch (304.8 mm) stroke. Multiple liner sizes allow pressures and volumes to handle circulation requirements in deep drilling applications.



Dimensions and Specifications

Specification	Value	Specification	Value
Height, floor to center of front inlet suction, inches (mm)	16½ (419)	Maximum fluid cylinder line bore, inches (mm)	7¼ (184.2)
Height, floor to center of discharge, inches (mm)	45¼ (1149)	Stroke, inches (mm)	12 (304.8)
Overall length over skids, inches (mm)	209 (5309)	Hydrostatic test pressure of standard fluid cylinders, psi (kg/cm²)	11,250 (791)
Width over frame, inches (mm)	78⅝ (1997)	Ratio of gears	3.439
Width over pinion shaft, inches (mm)	113¾ (2889)	Suction connection, ASA-150 lb. R.J. Flange (inches)	10
Height, floor to top of gear case, inches (mm)	75 (1905)	Discharge connection, cross w/API-10,000 lb. R.J. Flange (inches)	5
Height over fluid cylinders, inches (mm)	62¹⁵⁄₁₆ (1599)	Valve pot, API number	MOD. 7
Max. input, horsepower (kW)	1600 (1193)	Weight-complete, less sheave, lbs. (kg)	54,700 (24,810)
Rated pump speed, spm	120		

12-P-160 Mud Pump

Performance

Liner size, inches (mm)			7¼ (184.2)	7 (177.8)	6¾ (171.5)	6½ (165.1)	6¼ (158.8)	6 (152.4)	5¾ (146.1)	5½ (139.7)	5 (127)	4½ (114.3)
Max. Discharge Pressure, psi (kg/cm²) with high pressure Fluid End**			3200 (225)	3430 (241.1)	3690 (259.4)	3980 (279.8)	4305 (302.7)	4670 (328.3)	5085 (357.6)	5555 (390.6)	6720 (472.6)	7500 (527.4)
Pump Speed spm	Max. Input HP	Hydraulic* HP	GPM* (LPM*)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)	GPM (LPM)
120†	1600†	1440	772 (2922)	720 (2724)	669 (2533)	621 (2349)	574 (2172)	529 (2002)	486 (1840)	444 (1681)	367 (1389)	297 (1124)
100	1333	1200	643 (2435)	600 (2270)	558 (2111)	517 (1958)	478 (1810)	441 (1668)	405 (1533)	370 (1401)	306 (1158)	248 (939)
80	1067	960	515 (1948)	480 (1816)	446 (1689)	414 (1566)	383 (1448)	353 (1334)	324 (1227)	296 (1121)	245 (927)	198 (750)
60	800	720	386 (1461)	360 (1362)	335 (1267)	310 (1175)	287 (1086)	264 (1001)	243 (920)	222 (840)	184 (697)	149 (564)
40	533	480	257 (974)	240 (908)	223 (844)	207 (783)	191 (724)	176 (667)	162 (613)	148 (560)	122 (462)	99 (375)
Vol./stroke, gal. (Liters)			6.433 (24.352)	5.997 (22.703)	5.576 (21.11)	5.171 (19.575)	4.781 (18.098)	4.406 (16.680)	4.046 (15.316)	3.702 (14.014)	3.068 (11,614)	2.478 (9.380)

* Based on 90% mechanical efficiency and 100% volumetric efficiency

** 5,000 PSI Fluid End configuration available

† Rated speed and input horsepower

www.nov.com / corporatemarketing@nov.com

10000 Richmond Avenue
Houston, Texas 77042
United States
Phone: 713 346 7500
Fax: 713 435 2195



Anexo F.- Checklist OSHA

OSHA and DOL Self-Inspection Checklists

Self-Inspection Checklists These checklists are by no means all-inclusive. You should add to them or delete portions or items that do not apply to your operations; however, carefully consider each item as you come to it and then make your decision. You will also need to refer to OSHA standards for complete and specific standards that may apply to your situation. (NOTE: These checklists are typical for general industry but not for construction or maritime.)

From OSHA Office of Training and Education
May 1997 (Note: in 2005, this is still the most current version available)

CONTENTS

Administrative and General Requirements

Yes	No		Regulations
		Do you have more than 10 employees? If "Yes": Do you have a written Emergency Contingency Plan? 29CFR 1910.38 outlines the requirements for an emergency contingency plan for those who employ more than 10 at any one time during the year. . ***Is your Form 200 up-to-date and posted Feb 1 for 30 days?*** 29CFR 1904 requires that employers of more than 10 at any one time in the year maintain occupational illness and injury reports on Form 101 or equivalent and summarize them on Form 200 which is posted each Feb. 1 for 30 days.	

SAFETY AND HEALTH PROGRAM

Yes	No		Regulations
		Written Hazard Communication Plan Do you have an active safety and health program in operation that deals with general safety and health program elements as well as management of hazards specific to your worksite? Employers must have a written plan which describes how the training, labeling, MSDS management and other requirements of "Right-to-Know" will be met.	29CFR 1910.1200
		Responsibility assigned to a specific person for the safety program? Is one person clearly responsible for the overall activities of the safety and health program?	

		29CFR 1910.1200 (and other regulations) require that you assign responsibility for the many aspects of the safety program. Some states also specifically require that employers name a person for responsibility with overall safety.	
		Do you have a safety committee or group made up of management and labor representatives that meets regularly and reports in writing on its activities?	
		Employee complaints Do you have a working procedure for handling in-house employee complaints regarding safety and health, such asunguarded equipment, safety procedures not being followed, or medical issues, such as headaches, nausea, dizziness or skin problems? All OSHA standards require that employers evaluate workplace hazards and determine whether operational conditions, material use or employee complaints mean that there is any exposure to unsafe conditions.	
		Are you keeping your employees advised of the successful effort and accomplishments you and/or your safety committee have made in assuring they will have a workplace that is safe and healthful?	
		Have you considered incentives for employees or workgroups who have excelled in reducing workplace injuries/illnesses?	
		Formal disciplinary policy/procedure relating to safety Rules that are not enforced are often not followed. OSHA requires employers enforce safety rules.	

PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

Yes	No		Regulation
		Are employers assessing the workplace to determine if hazards that require the use of personal protective equipment (for example, head, eye, face, hand, or foot protection) are present or are likely to be present?	
		If hazards or the likelihood of hazards are found, are employers selecting and having affected employees use properly fitted personal protective equipment suitable for protection from these hazards?	
		Has the employee been trained on ppe procedures, that is, what ppe is necessary for a job task, when they need it, and how to properly adjust it?	
		Are protective goggles or face shields provided and worn where there is any danger of flying particles or corrosive materials?	
		Are approved safety glasses required to be worn at all times in areas where there is a risk of eye injuries such as punctures, abrasions, contusions or burns?	
		Are employees who need corrective lenses (glasses or contacts) in working environments having harmful exposures, required to wear only approved safety glasses, protective goggles, or use other medically approved precautionary procedures?	
		Are protective gloves, aprons, shields, or other means provided and required where employees could be cut or where there is reasonably anticipated exposure to corrosive liquids, chemicals, blood, or other potentially infectious materials? See 29 CFR 1910.1030(b) for the definition of "other potentially infectious materials."	

		Are hard hats provided and worn where danger of falling objects exists?	
		Are hard hats inspected periodically for damage to the shell and suspension system?	
		Is appropriate foot protection required where there is the risk of foot injuries from hot, corrosive, or poisonous substances, falling objects, crushing or penetrating actions?	
		Are approved respirators including dusk masks provided for regular or emergency use where needed? If so, are there ***written respirator procedures?*** 29CFR 1910.134 requires that if any employee uses a respirator, including a dust mask, written procedures must cover use, fit testing, cleaning and maintenance of the respirator. ***Do you have records showing fit testing of respirators and training?*** 29CFR 1910.134 requires employers to test the fit of each respirator on each employee and train the employee to check and properly use the respirator.	
		Is all protective equipment maintained in a sanitary condition and ready for use?	
		Do you have eye wash facilities and a quick drench shower within the work area where employees are exposed to injurious corrosive materials? Where special equipment is needed for electrical workers, is it available?	
		Where food or beverages are consumed on the premises, are they consumed in areas where there is no exposure to toxic material, blood, or other potentially infectious materials?	
		Is protection against the effects of occupational noise exposure provided when sound levels exceed those of the OSHA noise standard?	
		Are adequate work procedures, protective clothing and equipment provided and used when cleaning up spilled toxic or otherwise hazardous materials or liquids?	

		Are there appropriate procedures in place for disposing of or decontaminating personal protective equipment contaminated with, or reasonably anticipated to be contaminated with, blood or other potentially infectious materials?	
		Can you reasonably anticipate that any employees will be exposed to human blood this year because of their jobs?Have you assigned responsibility for first-aid to an employee?If "Yes": Do you have written Bloodbourne Pathogen Exposure Control Plan?Have employees been trained in protective equipment and procedures? 29CFR 1910.1030 requires that employers develop an Exposure Control Plan, train employees, keep records, and offer Hepatitis B vaccinations if it can be reasonably anticipated that one or more employees could be exposed to human blood or blood products as a result of doing their assigned duties. If you have assigned first aid responsibilities to an employee you are required to have a Bloodborne Pathogen Program. Special waste management and use of approved disinfectants are also required. The key is "reasonable anticipation". Good Samaritan acts are not covered.	

INFECTIOUS AND BLOOD BORNE PATHOGENS

Yes	No		Regulation
		Can you reasonably anticipate that any employees will be exposed to human blood this year because of their jobs?Have you assigned responsibility for first-aid to an employee?If "Yes": Do you have written Bloodbourne Pathogen Exposure Control Plan?Have employees been trained in protective equipment and procedures? 29CFR 1910.1030 requires that employers develop an Exposure Control Plan, train employees, keep records, and offer Hepatitis B vaccinations if it can be reasonably anticipated that one or more employees could be exposed to human blood or blood products as a result of doing their assigned duties. If you have assigned first aid responsibilities to an employee you are required to have a Bloodborne Pathogen Program. Special waste management and use of approved disinfectants are	

		also required. The key is "reasonable anticipation". Good Samaritan acts are not covered.	

FLAMMABLE AND COMBUSTIBLE MATERIALS

	Are combustible scrap, debris, and waste materials (oily rags, etc.) stored in covered metal receptacles and removed from the worksite promptly?
	Is proper storage practiced to minimize the risk of fire including spontaneous combustion?
	Are approved containers and tanks used for the storage and handling of flammable and combustible liquids?
	Are all connections on drums and combustible liquid piping, vapor and liquid tight?
	Are all flammable liquids kept in closed containers when not in use (for example, parts cleaning tanks, pans, etc.)?
	Are bulk drums of flammable liquids grounded and bonded to containers during dispensing?
	Do storage rooms for flammable and combustible liquids have explosion-proof lights?
	Do storage rooms for flammable and combustible liquids have mechanical or gravity ventilation?
	Is liquefied petroleum gas stored, handled, and used in accordance with safe practices and standards?
	Are "NO SMOKING" signs posted on liquefied petroleum gas tanks?
	Are liquefied petroleum storage tanks guarded to prevent damage from vehicles?
	Are all solvent wastes and flammable liquids kept in fire-resistant, covered containers until they are removed from the worksite?

	Is vacuuming used whenever possible rather than blowing or sweeping combustible dust? Are firm separators placed between containers of combustibles or flammables, when stacked one upon another, to assure their support and stability?	
	Are fuel gas cylinders and oxygen cylinders separated by distance, and fire-resistant barriers, while in storage?	
	Are fire extinguishers selected and provided for the types of materials in areas where they are to be used?	
		Class A Ordinary combustible material fires.
		Class B Flammable liquid, gas or grease fires.
		Class C Energized-electrical equipment fires.
	Are appropriate fire extinguishers mounted within 75 feet of outside areas containing flammable liquids, and within 10 feet of any inside storage area for such materials?	
	Are extinguishers free from obstructions or blockage?	
	Are all extinguishers serviced, maintained and tagged at intervals not to exceed 1 year?	
	Are all extinguishers fully charged and in their designated places?	
	Where sprinkler systems are permanently installed, are the nozzle heads so directed or arranged that water will not be sprayed into operating electrical switch boards and equipment?	
	Are "NO SMOKING" signs posted where appropriate in areas where flammable or combustible materials are used or stored?	
	Are safety cans used for dispensing flammable or combustible liquids at a point of use?	
	Are all spills of flammable or combustible liquids cleaned up promptly?	
	Are storage tanks adequately vented to prevent the development of excessive vacuum or pressure as a result of filling, emptying, or atmosphere temperature changes?	

	Are storage tanks equipped with emergency venting that will relieve excessive internal pressure caused by fire exposure?
	Are "NO SMOKING" rules enforced in areas involving storage and use of hazardous materials?

HAND AND PORTABLE POWERED TOOLS

Hand Tools and Equipment

	Are all tools and equipment (both company and employee owned) used by employees at their workplace in good condition?
	Are hand tools such as chisels and punches, which develop mushroomed heads during use, reconditioned or replaced as necessary?
	Are broken or fractured handles on hammers, axes and similar equipment replaced promptly?
	Are worn or bent wrenches replaced regularly?
	Are appropriate handles used on files and similar tools?
	Are employees made aware of the hazards caused by faulty or improperly used hand tools?
	Are appropriate safety glasses, face shields, etc. used while using hand tools or equipment which might produce flying materials or be subject to breakage?
	Are jacks checked periodically to ensure they are in good operating condition?
	Are tool handles wedged tightly in the head of all tools?
	Are tool cutting edges kept sharp so the tool will move smoothly without binding or skipping?
	Are tools stored in dry, secure locations where they won't be tampered with?
	Is eye and face protection used when driving hardened or tempered spuds or nails?

Portable (Power Operated) Tools and Equipment

	Are grinders, saws and similar equipment provided with appropriate safety guards?
	Are power tools used with the correct shield, guard, or attachment, recommended by the manufacturer?
	Are portable circular saws equipped with guards above and below the base shoe? Are circular saw guards checked to assure they are not wedged up, thus leaving the lower portion of the blade unguarded?
	Are rotating or moving parts of equipment guarded to prevent physical contact?
	Are all cord-connected, electrically operated tools and equipment effectively grounded or of the approved double insulated type?
	Are effective guards in place over belts, pulleys, chains, sprockets, on equipment such as concrete mixers, and air compressors?
	Are portable fans provided with full guards or screens having openings ½ inch or less?
	Is hoisting equipment available and used for lifting heavy objects, and are hoist ratings and characteristics appropriate for the task?
	Are ground-fault circuit interrupters provided on all temporary electrical 15 and 20 ampere circuits, used during periods of construction?
	Are pneumatic and hydraulic hoses on power operated tools checked regularly for deterioration or damage?

Powder-Actuated Tools

	Are employees who operate powder-actuated tools trained in their use and carry a valid operator's card?
	Is each powder-actuated tool stored in its own locked container when not being used?
	Is a sign at least 7 inches by 10 inches with bold face type reading "POWDER-ACTUATED TOOL IN USE" conspicuously posted when the tool is being used?
	Are powder-actuated tools left unloaded until they are actually ready to be used?
	Are powder-actuated tools inspected for obstructions or defects each

	day before use?
	Do powder-actuated tool operators have and use appropriate personal protective equipment such as hard hats, safety goggles, safety shoes and ear protectors?

LOCKOUT/TAGOUT PROCEDURES

	Is all machinery or equipment capable of movement, required to be de-energized or disengaged and locked-out during cleaning, servicing, adjusting or setting up operations, whenever required?	
	Where the power disconnecting means for equipment does not also disconnect the electrical control circuit:	
		Are the appropriate electrical enclosures identified?
		Is means provided to assure the control circuit can also be disconnected and locked-out?
	Is the locking-out of control circuits in lieu of locking-out main power disconnects prohibited?	
	Are all equipment control valve handles provided with a means for locking-out?	
	Does the lock-out procedure require that stored energy (mechanical, hydraulic, air, etc.) be released or blocked before equipment is locked-out for repairs?	
	Are appropriate employees provided with individually keyed personal safety locks?	
	Are employees required to keep personal control of their key(s) while they have safety locks in use?	
	Is it required that only the employee exposed to the hazard, place or remove the safety lock?	
	Is it required that employees check the safety of the lock-out by	

	attempting a startup after making sure no one is exposed?
	Are employees instructed to always push the control circuit stop button immediately after checking the safety of the lock-out?
	Is there a means provided to identify any or all employees who are working on locked-out equipment by their locks or accompanying tags?
	Are a sufficient number of accident preventive signs or tags and safety padlocks provided for any reasonably foreseeable repair emergency?
	When machine operations, configuration or size requires the operator to leave his or her control station to install tools or perform other operations, and that part of the machine could move if accidentally activated, is such element required to be separately locked or blocked out?
	In the event that equipment or lines cannot be shut down, locked-out and tagged, is a safe job procedure established and rigidly followed?

CONFINED SPACES

	Are confined spaces thoroughly emptied of any corrosive or hazardous substances, such as acids or caustics, before entry?
	Are all lines to a confined space, containing inert, toxic, flammable, or corrosive materials valved off and blanked or disconnected and separated before entry?
	Are all impellers, agitators, or other moving parts and equipment inside confined spaces locked-out if they present a hazard?
	Is either natural or mechanical ventilation provided prior to confined space entry?
	Are appropriate atmospheric tests performed to check for oxygen deficiency, toxic substances and explosive concentrations in the confined space before entry?
	Is adequate illumination provided for the work to be performed in the confined space?

	Is the atmosphere inside the confined space frequently tested or continuously monitored during conduct of work? Is there an assigned safety standby employee outside of the confined space. when required, whose sole responsibility is to watch the work in progress, sound an alarm if necessary, and render assistance?
	Is the standby employee appropriately trained and equipped to handle an emergency?
	Is the standby employee or other employees prohibited from entering the confined space without lifelines and respiratory equipment if there is any question as to the cause of an emergency?
	Is approved respiratory equipment required if the atmosphere inside the confined space cannot be made acceptable
	Is all portable electrical equipment used inside confined spaces either grounded and insulated, or equipped with ground fault protection?
	Before gas welding or burning is started in a confined space, are hoses checked for leaks, compressed gas bottles forbidden inside of the confined space, torches lighted only outside of the confined area and the confined area tested for an explosive atmosphere each time before a lighted torch is to be taken into the confined space?
	If employees will be using oxygen-consuming equipment-such as salamanders, torches, and furnaces, in a confined space-is sufficient air provided to assure combustion without reducing the oxygen concentration of the atmosphere below 19.5 percent by volume?
	Whenever combustion-type equipment is used in a confined space, are provisions made to ensure the exhaust gases are vented outside of the enclosure?
	Is each confined space checked for decaying vegetation or animal matter which may produce methane?
	Is the confined space checked for possible industrial waste which could contain toxic properties?
	If the confined space is below the ground and near areas where motor vehicles will be operating, is it possible for vehicle exhaust or carbon monoxide to enter the space?

ELECTRICAL

	Do you specify compliance with OSHA for all contract electrical work?
	Are all employees required to report as soon as practicable any obvious hazard to life or property observed in connection with electrical equipment or lines?
	Are employees instructed to make preliminary inspections and/or appropriate tests to determine what conditions exist before starting work on electrical equipment or lines?
	When electrical equipment or lines are to be serviced, maintained or adjusted, are necessary switches opened, locked-out and tagged whenever possible?
	Are portable electrical tools and equipment grounded or of the double insulated type?
	Are electrical appliances such as vacuum cleaners, polishers, and vending machines grounded?
	Do extension cords being used have a grounding conductor?
	Are multiple plug adaptors prohibited?
	Are ground-fault circuit interrupters installed on each temporary 15 or 20 ampere, 120 volt AC circuit at locations where construction, demolition, modifications, alterations or excavations are being performed?
	Are all temporary circuits protected by suitable disconnecting switches or plug connectors at the junction with permanent wiring?
	Do you have electrical installations in hazardous dust or vapor areas? If so, do they meet the National Electrical Code (NEC) for hazardous locations?
	Is exposed wiring and cords with frayed or deteriorated insulation repaired or replaced promptly?
	Are flexible cords and cables free of splices or taps?
	Are clamps or other securing means provided on flexible cords or cables at plugs, receptacles, tools, equipment, etc., and is the cord jacket securely held in place? Are all cord, cable and raceway

	connections intact and secure?
	In wet or damp locations, are electrical tools and equipment appropriate for the use or location or otherwise protected?
	Is the location of electrical power lines and cables (overhead, underground, underfloor, other side of walls) determined before digging, drilling or similar work is begun?
	Are metal measuring tapes, ropes, handlines or similar devices with metallic thread woven into the fabric prohibited where they could come in contact with energized parts of equipment or circuit conductors?
	Is the use of metal ladders prohibited in areas where the ladder or the person using the ladder could come in contact with energized parts of equipment, fixtures or circuit conductors?
	Are all disconnecting switches and circuit breakers labeled to indicate their use or equipment served?
	Are disconnecting means always opened before fuses are replaced?
	Do all interior wiring systems include provisions for grounding metal parts of electrical raceways, equipment and enclosures?
	Are all electrical raceways and enclosures securely fastened in place?
	Are all energized parts of electrical circuits and equipment guarded against accidental contact by approved cabinets or enclosures?
	Is sufficient access and working space provided and maintained about all electrical equipment to permit ready and safe operations and maintenance?
	Are all unused openings (including conduit knockouts) in electrical enclosures and fittings closed with appropriate covers, plugs or plates?
	Are electrical enclosures such as switches, receptacles, and junction boxes, provided with tightfitting covers or plates?
	Are disconnecting switches for electrical motors in excess of two horsepower, capable of opening the circuit when the motor is in a stalled condition, without exploding? (Switches must be horsepower rated equal to or in excess of the motor hp rating.) Is low voltage

	protection provided in the control device of motors driving machines or equipment which could cause probable injury from inadvertent starting?
	Is each motor disconnecting switch or circuit breaker located within sight of the motor control device?
	Is each motor located within sight of its controller or the controller disconnecting means capable of being locked in the open position or is a separate disconnecting means installed in the circuit within sight of the motor?
	Is the controller for each motor in excess of two horsepower, rated in horsepower equal to or in excess of the rating of the motor it serves?
	Are employees who regularly work on or around energized electrical equipment or lines instructed in the cardiopulmonary resuscitation (CPR) methods?
	Are employees prohibited from working alone on energized lines or equipment over 600 volts?

WALKING-WORKING SURFACES

General Work Environment

	Is a documented, functioning housekeeping program in place?
	Are all worksites clean, sanitary, and orderly?
	Are work surfaces kept dry or is appropriate means taken to assure the surfaces are slip-resistant?
	Are all spilled hazardous materials or liquids, including blood and other potentially infectious materials, cleaned up immediately and according to proper procedures?
	Is combustible scrap, debris and waste stored safely and removed from the worksite properly?
	Is all regulated waste, as defined in the OSHA bloodborne pathogens standard (1910.1030), discarded according to federal, state, and local regulations?
	Are accumulations of combustible dust routinely removed from

	elevated surfaces including the overhead structure of buildings, etc.?
	Is combustible dust cleaned up with a vacuum system to prevent the dust from going into suspension?
	Is metallic or conductive dust prevented from entering or accumulating on or around electrical enclosures or equipment?
	Are covered metal waste cans used for oily and paint-soaked waste?

Walkways

	Are aisles and passageways kept clear?
	Are aisles and walkways marked as appropriate?
	Are wet surfaces covered with non-slip materials?
	Are holes in the floor, sidewalk or other walking surface repaired properly, covered or otherwise made safe?
	Is there safe clearance for walking in aisles where motorized or mechanical handling equipment is operating?
	Are materials or equipment stored in such a way that sharp projectives will not interfere with the walkway?
	Are spilled materials cleaned up immediately?
	Are changes of direction or elevation readily identifiable?
	Are aisles or walkways that pass near moving or operating machinery, welding operations or similar operations arranged so employees will not be subjected to potential hazards?
	Is adequate headroom provided for the entire length of any aisle or walkway?
	Are standard guardrails provided wherever aisle or walkway surfaces are elevated more than 30 inches above any adjacent floor or the ground?
	Are bridges provided over conveyors and similar hazards?

Floor and Wall Openings

	Are floor openings guarded by a cover, a guardrail, or equivalent on

	all sides (except at entrance to stairways or ladders)?
	Are toeboards installed around the edges of permanent floor openings (where persons may pass below the opening)?
	Are skylight screens of such construction and mounting that they will withstand a load of at least 200 pounds?
	Is the glass in the windows, doors, glass walls, etc., which are subject to human impact, of sufficient thickness and type for the condition of use?
	Are grates or similar type covers over floor openings such as floor drains of such design that foot traffic or rolling equipment will not be affected by the grate spacing?
	Are unused portions of service pits and pits not actually in use either covered or protected by guardrails or equivalent?
	Are manhole covers, trench covers and similar covers, plus their supports designed to carry a truck rear axle load of at least 20,000 pounds when located in roadways and subject to vehicle traffic?
	Are floor or wall openings in fire resistive construction provided with doors or covers compatible with the fire rating of the structure and provided with a self-closing feature when appropriate?

Stairs and Stairways

	Are standard stair rails or handrails on all stairways having four or more risers?
	Are all stairways at least 22 inches wide?
	Do stairs have landing platforms not less than 30 inches in the direction of travel and extend 22 inches in width at every 12 feet or less of vertical rise?
	Do stairs angle no more than 50 and no less than 30 degrees?
	Are step risers on stairs uniform from top to bottom?
	Are steps on stairs and stairways designed or provided with a surface that renders them slip resistant?
	Are stairway handrails located between 30 and 34 inches above the leading edge of stair treads?
	Do stairway handrails have at least 3 inches of clearance between

	the handrails and the wall or surface they are mounted on?
	Where doors or gates open directly on a stairway, is there a platform provided so the swing of the door does not reduce the width of the platform to less than 21 inches?
	Where stairs or stairways exit directly into any area where vehicles may be operated, are adequate barriers and warnings provided to prevent employees stepping into the path of traffic?
	Do stairway landings have a dimension measured in the direction of travel, at least equal to the width of the stairway?

Elevated Surfaces

	Are signs posted, when appropriate, showing the elevated surface load capacity?
	Are surfaces elevated more than 30 inches above the floor or ground provided with standard guardrails?
	Are all elevated surfaces (beneath which people or machinery could be exposed to falling objects) provided with standard 4-inch toeboards?
	Is a permanent means of access and egress provided to elevated storage and work surfaces?
	Is required headroom provided where necessary?
	Is material on elevated surfaces piled, stacked or racked in a manner to prevent it from tipping, falling, collapsing, rolling or spreading?
	Are dock boards or bridge plates used when transferring materials between docks and trucks or rail cars?

HAZARD COMMUNICATION

		Janitorial & Chemical Storage Area Overview ***10. Is the area neat and clean, without spills on the floor?*** 29CFR 1910.22 requires that all work places be clean, orderly and sanitary.

		Are there any containers without legible labels? ***Do all secondary container labels list the product, the hazards and the manufacturer?*** 29CFR 1910.1200 requires that all containers of hazardous materials be labeled. The manufacturer's label is fine if legible. If materials are moved from the original to a "secondary" container, it must be labeled. The label must include the name of the material, a description of the hazard and the manufacturer's name. Just the name is not enough.		
		Complete written inventory (list) of hazardous materials? Is there a list of hazardous substances used in your workplace? 29CFR 1910.1200 requires employers maintain a current list, accessible to employees, of all hazardous materials used in the workplace.		
		Is there a written hazard communication program dealing with Material Safety Data Sheets (MSDS), labeling, and employee training?		
		Is each container for a hazardous substance (i.e., vats, bottles, storage tanks, etc.) labeled with product identity and a hazard warning (communication of the specific health hazards and physical hazards)?		
		Is there a Material Safety Data Sheet readily available for each hazardous substance used?		
		Is there an employee training program for hazardous substances?		
		Does this program include:		
				An explanation of what an MSDS is and how to use and obtain one?
				MSDS contents for each hazardous substance or class of substances?
				Explanation of "Right to Know?"
				Identification of where an employee can see the employers written hazard communication program and where hazardous substances are present in their work areas?
				The physical and health hazards of substances in the work area, and specific protective measures to be used?
				Details of the hazard communication program, including

				how to use the labeling system and MSDS's?
		Are employees trained in the following:		
				How to recognize tasks that might result in occupational exposure?
				How to use work practice and engineering controls and personal protective equipment and to know their limitations?
				How to obtain information on the types selection, proper use, location, removal handling, decontamination, and disposal of personal protective equipment?
				Who to contact and what to do in an emergency?
				written training records? 29CFR 1910.1200, .1450, .1030 and virtually all other OSHA regulations require written training records which document date, subject, attendees and trainer.